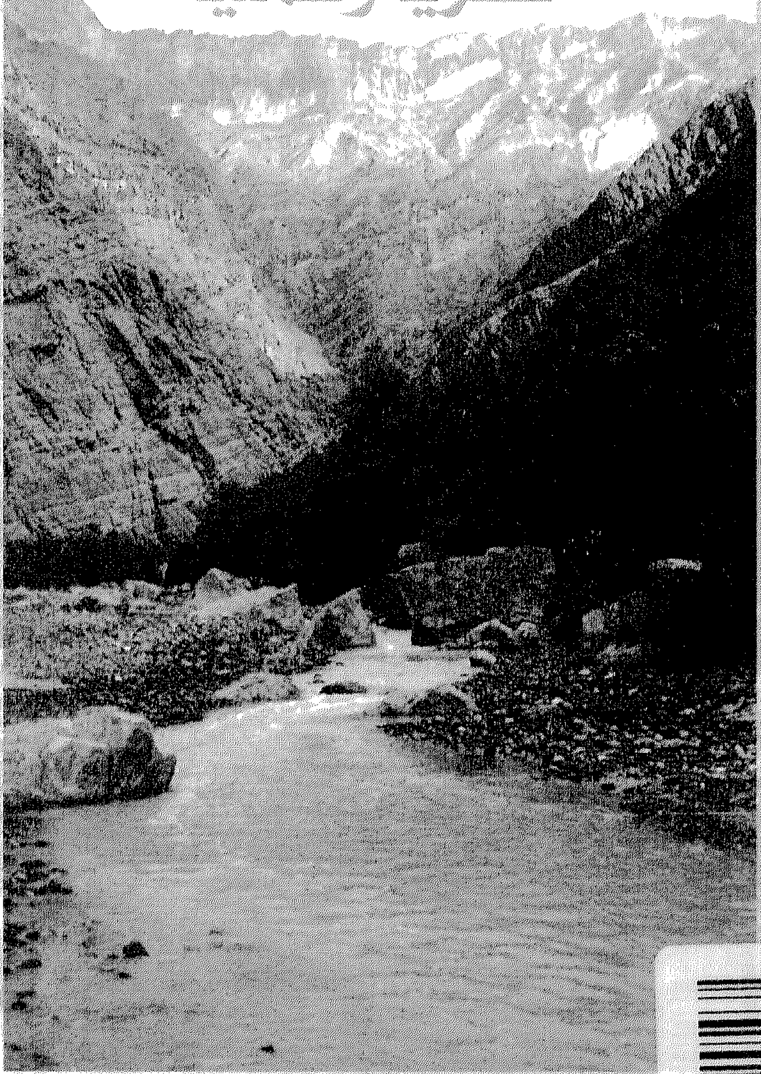
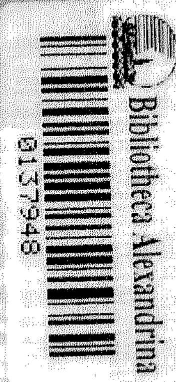
السيول في الصحاري

نظريا وعمليا





تأليف

أحمد سالم صالح


Converted by Tiff Combine - (no stamps are applied by registered version)

الأستاذ الدكتور/ أحمد سالم صالح
رئيس قســـم الجغـــرافيا
كلية الآداب - جامعة الزقازيق

السيول في الصحاري نظريا وعمليا

دار الكتاب الحديث

بسم الله الرحمن الرحيم

انزل من السماء ماء فسالت أودية بقدرها

صدق الله العظيم

سورة الرعد الآية ١٧



القاهرة ٩٤ عباس العقاد – مدينة نصر – هاتف: ٢٧٥٢٩٩٠ فاكس: ٢٧٥٢٩٩٢

الكويت ص.ب: ٢٢٧٥٤ الصفاة ١٣٠٨٨ هاتف: ٢٤٦٠٦٣٤ فاكس: ٢٤٦٠٦٢٨

الجزائر تجزئة 'C' رقم ٣٤ دوارية – الجزائر العاصمة – هاتف وفاكس ٥٥-٣٠-٣٥

الجزء الاول

الجريان السيلى فى الصحارى
نظريا



مقدمة

يعتبر الجريان السيلى وما يترتب عليه من أخطار، من أهم مشاكل البيئة الطبيعية فى الصحارى بصفة عامة، والصحارى العربية بصفة خاصة. ومما يبرز حجم هذه المشكلة ويزيدها وضوحا ، تلك المحاولات الجادة للتنمية، واستغلال هذه المناطق، والتوسع العمرانى بأشكاله المختلفة، الذى واكب الطفرة الأخيرة من عملية التقدم. إضافة إلى غياب الدراسات اللازمة والضرورية فى هذا المجال، أو محاولة تشخيص المشكلة وتقديم الحلول المناسبة لها. كما أن عملية الجريان بشكلها الحالى تمثل ضياعا لكميات من الماء تعتبر هذه المناطق فى أشد الحاجة إلى كل نقطة منها.

وكثيرا ما يؤدى جريان السيول إلى تخريب وتدمير لمظاهر الحياة فى الصحارى، مما يمثل عائقا أمام التنمية، ويبدو ذلك واضحا فى العديد من الأمثلة التى يتجسد فيها هذا الدمار. ففى شرق سيناء أدت السيول التى جرت فى وادى وتير (يصب فى خليج العقبة بجوار مدينة نويبع) خلال الفترة من ١٥-١٨ أكتوبر عام ١٩٨٧، إلى تدمير الطريق الدولى (نويبع-النفق) كاملا فى جزئه الأدنى (قرب المصب) كما دمرت وجرفت عددا من سيارات الأفراد، وسيارات نقل السياح، وراح ضحيته عددا كبيرا من مستخدمى الطريق بأمتعتهم.

وفى منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية، جرت بعض السيول فى عام ١٩٨٠ فى وادى عتود، أدت أيضا إلى تدمير طريق عقبة ضلع (بين مدينة أبها والسهل الساحلى على البحر الأحمر)، ودمر ما لا يقل عن أحد عشر جسرا ، كانت تستخدم فى عبور مجارى الأودية التى تقطع

الطريق، كما راح ضحية هذه السيول عددا من السيارات والأشخاص. ويتكرر المشهد على عدد من الطرق المشابهة، والتى تصل بين مرتفعات عسير والسهل الساحلى، وفى مناطق أخرى من المملكة.

وفى الكويت فى مارس عام ١٩٥٤ وعلى أثر سقوط كمية من المطر بلغت ٥٢ مم خلال ساعة واحدة، نتج عنها بعض السيول التى أدت إلى هدم عدد من المنازل ، وتخريب بعض مظاهر الحياة بالإضافة إلى بعض الخسائر المادية الأخرى.

وفى وادى الاطفيحى بالصحراء الشرقية بمصر، فاض أحد السيول بالوادى فى يناير ١٩٨٨، وكان من نتيجته تخريب العديد من المزارع المستصلحة، والمساكن والمشروعات الأخرى، التى أقيمت على المروحة الفيضية للوادى قرب مصبه عند مدينة أطفيح (جنوب القاهرة بحوالى ٨٠ كم).

وفى جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية أدى مجموعة من السيول التى جرت فى عدد من الأودية فى حضرموت خلال الفترة بين ٢٢-٢٥ مارس ١٩٨٩ إلى تدمير مئات المنازل الطينية واصابة ووفاة عدد كبير من الأفراد، إلى هجرة ما يقرب من ١٥٠ ألف من السكان.

وقد عانت مناطق واسعة من صعيد مصر فى الآونة الاخيرة وساحل البحر الاحمر وسيناء من جراء السيول التى دمرت القرى والطرق والمزارع ، وخربت الكثير من اوجه الحياة ، وفقد فيها العديد من الاشخاص ؛ مما كان له اثر فعال على توجيه انظار المسئولين الى هذه القضية والتركيز عليها .

وبالرغم من هذه الأخطار التى يعانى منها قاطنو الصحراء، الا أن تناول موضوع السيول بالدراسة والتحليل لم يتعد عددا قليلا من الأبحاث فى المنطقة العربية. ويرجع الإحجام عن الخوض فى هذا الجانب إلى عدد من العوامل، لعل أهمها: أن هذا الاتجاه من جانب الحكومات والمؤسسات العلمية لا يزال يتم على استحياء واضح، ولا يأخذ فى التدخل إلا بعد وقوع الكوارث، وفى شكل محاولات لتعويض الخسائر، ودون محاولة لفهم أبعاد وجذور المشكلة.

كما تشكل ندرة البيانات والأرصاد والتسجيلات، وبصفة خاصة تلك التى تهتم بالمطر والجريان، وعدم تداولها، وأحيانا عدم إمكانية الحصول عليها، قصورا واضحا وعقبة كأداء أمام أية دراسة او بحث . هذا بالإضافة إلى أن الخوض فى هذا النوع من الدراسات يحتاج إلى التسلح بجوانب علمية واسعة من أهمها الهيدرولوجيا والجيومورفولوجيا. كما يحتاج إلى خبرة طويلة فى هذا المجال ومعايشة لطبيعة الظروف .

وتهدف الدراسة الحالية إلى إلقاء الضوء على عملية الجريان السيلى فى الصحراء عامة ، وبصفة خاصة المنطقة العربية، كلما أمكن هذا . وذلك بغرض التعرف على أسباب وطبيعة الجريان السيلى وكيفية تفادى أخطاره، ومحاولة توقعه، وإمكانية استغلاله.

وتعتمد هذه الدراسة بصفة أساسية على البيانات والتسجيلات الحديثة التى توافرت عن المنطقة العربية والمناطق المشابهة، وعلى الأبحاث والدراسات المتقدمة التى أجريت فى بعض المناطق العربية وغير العربية، بالإضافة إلى محاولة استخدام الأساليب والطرق الكمية التى طبقت فى الصحارى أو التى تصلح للتطبيق فيها للوصول إلى الغرض المطلوب.

ويتناول هذا الجزء من الدراسة أربعة موضوعات متكاملة ومترابطة، تغطى الهدف الأساسى منها وهى:

أولا- دراسة للعوامل المؤثرة على الجريان السيلى، وتشتمل على عددا من المتغيرات ، من أهمها :

- الأمطار وخصائصها المختلفة.
- والفواقد عن طريق التبخر والتسرب.
- والعلاقة بين هذه العوامل وبين عملية الجريان.

كما تتناول العوامل الأخرى المؤثرة مثل:

- أحواض وشبكات التصريف.
- وأنماط وخصائص المجارى.
- وكذلك العمليات الحالية الطبيعية والبشرية.

ثانيا - دراسة وتحليل لعملية الجريان وكيف تبدأ وأشكالها الأساسية وخاصة الانسياب السطحى، والجريان المركز، وخصائص كل منهما، والعوامل المؤثرة عليهما.

ثالثا - إمكانية توقع الجريان وأفضل الأساليب العلمية التى يمكن استخدامها فى هذا المجال، ومنها استخدام نماذج المحاكاة فى الحاسب الآلى، وتحليل تكرار الجريان، والمعادلات الرياضية إلى جانب بعض الأساليب الأخرى..

رابعا - طرق تفادى أخطار الجريان، وتم تقسيمها إلى جزئين:

الأول يهتم بعملية الوقاية السابقة للجريان.

والثانى يتمثل فى التحذير والإنذار.

وعرضت فيهما أفضل الأساليب العلمية التى يمكن استخدامها وتطبيقـــها فى هذا المجال.



أولا – العوامل المؤثرة على الجريان السيلى فى الصحارى

تعتبر عملية جريان السيول فى الصحارى نتاجا لعدد من العوامل والمتغيرات والتى تتداخل وتتشابك وتؤثر بعضها على البعض الآخر بدرجات مختلفة. ويمكن تحديد هذه العوامل فى عدد من المجموعات يوضحها شكل رقم (١) وهى:

١- الأمطار وخصائصها المختلفة.

٢- الفواقد (التبخر – التسرب).

٣- أحواض التصريف.

٤- شبكات التصريف.

٥- أنماط المجارى.

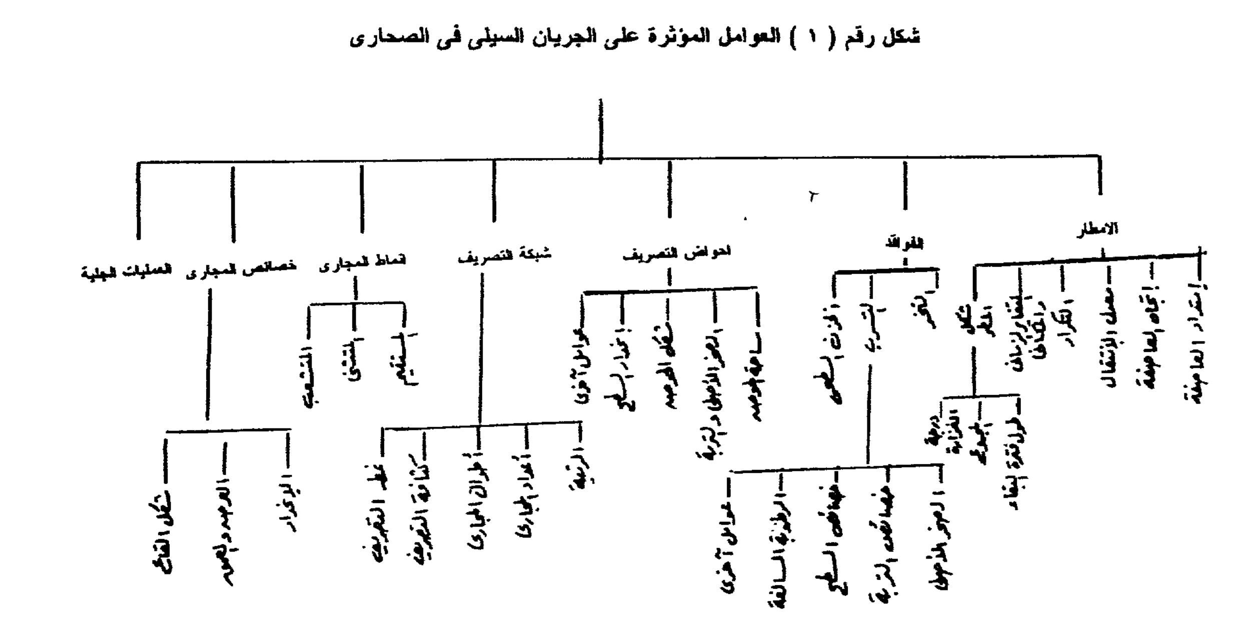
٦- خصائص المجارى.

٧- العمليات الطبيعية والبشرية الحالية.

١- الأمطار:

تتميز الصحارى الحالة الجافة بقلة الأمطار الساقطة عليها، حيث لا تزيد فى معظم الأحيان عن ١٠ بوصات، وتتصف الأمطار بعدد من الخصائص، منها عدم انتظامها، وتغايرها زمانيا ومكانيا، وأنها تسقط فى شكل رخات قصيرة وسريعة شديدة التركيز فى أغلب الأحيان، كما تسقط فى شكل بقع Spots تغطى مساحات صغيرة.

وتنتج الأمطار عن نوعين من العواصف المطيرة، هما الانقلابية والإعصارية، ولكل منهما خصائصه المميزة لها .



شكل رقم (١) العوامل المؤثرة على الجريان السيلى فى الصحارى

(أ) العواصف الانقلابية Convective Storms

وتحدث تحت ظروف عدم الاستقرار، وتقع غالبا فى نهاية فصل الشتاء، وربما تقع فى فصل الصيف، وتتميز بغزارة أمطارها، وقصر مدتها Duration. وهى تتكون على شكل خلايا Cells ، تمتد بشكل غير منتظم ويتراوح قطرها بين ٣-١٠ كم، ٤٠-٥٠ كم، وأحيانا ٨٠-١٠٠ كم، ويتغاير موقع هذه الخلايا بين عاصفة وأخرى وعادة لا يكون ثابتا. كما تختلف أيضا الكمية الساقطة من المطر فى كل مرة، وتتغاير أيضا الكمية الساقطة بين جزء وآخر من المنطقة التى تغطيها العاصفة فى المرة الواحدة، ويرجع ذلك إلى التغيرات السريعة التى تحدث فى رطوبة السحابة وإلى الخصائص الديناميكية للخلية.

كما تتميز الخلايا بعدم ثباتها، حيث تتحرك فى اتجاه معين، بمعدل معين، وتتحكم هذه الخصائص فى مدى طول مدة الهطول، ومساحة المنطقة التى يصيبها المطر. ويتراوح عمر هذه الخلايا بين عدة دقائق إلى ما يقرب من الساعة الواحدة.

(ب) العواصف الإعصارية (الجبهية) Frontal Storms

وهى تنتج عن الجبهات المطيرة الباردة الآتية من مناطق رطبة، والتى تمتد إلى أجزاء من الصحارى، وتحدث بصفة أساسية فى أواسط الشتاء، وتختلف فى كثير من خصائصها عن العواصف الانقلابية، فدرجة غزارتها منخفضة إلى متوسطة، كما تمتد طول فترة التساقط فيها بين عدة ساعات، وربما تصل إلى أيام، وهى تغطى مساحة أكبر قد تصل إلى مئات وأحيانا آلاف الكيلو مترات المربعة، ويعتمد ذلك على امتداد مركز

الجبهة المطيرة، كما تختلف كمية المطر الساقطة من عدة ملليمترات إلى ما يقرب من خمسين ملليمترا.

(جـ) خصائص المطر:

تبعا لما سبق، وعلى أساس الدراسات التى تناولت هذا الجانب، فان الامطار فى الصحارى تتميز بعدد من الخصائص، التى لها علاقة واضحة بعملية الجريان:

منها قلة كمية المطر الساقطة، واختلاف هذه الكمية بين عام وآخر، وبين فصل وآخر. وكذلك بين عاصفة وأخرى، كما تختلف خلال العاصفة الواحدة، بين وقت وآخر، وذلك خلال فترة سقوطها .

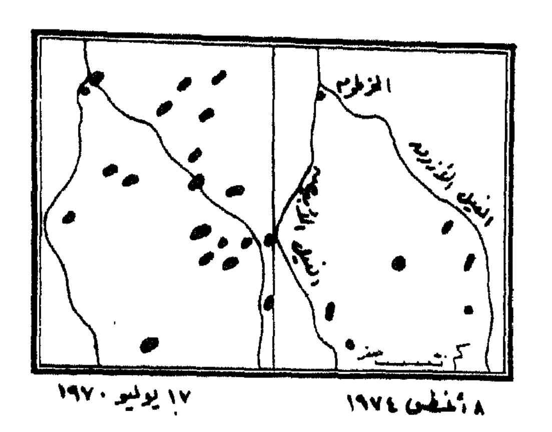
وخلال العاصفة الواحدة تختلف الكمية الساقطة كما تختلف بين عاصفة وأخرى، ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف المسببة لوجودها، والعوامل المختلفة المؤثرة عليها، بالإضافة إلى الخصائص الداخلية للخلية، فهى تختلف بين العاصفة الانقلابية والعاصفة الإعصارية، كما تؤثر درجة حرارة الهواء ، وسرعة الرياح واتجاهها ، على مقدار وكمية المطر الساقطة، بالإضافة إلى كمية بخار الماء فى العاصفة والخصائص الطبيعية والديناميكية، والتى تتباين بين عاصفة وأخرى، وبالتالى تختلف كمية المطر تبعا لذلك.

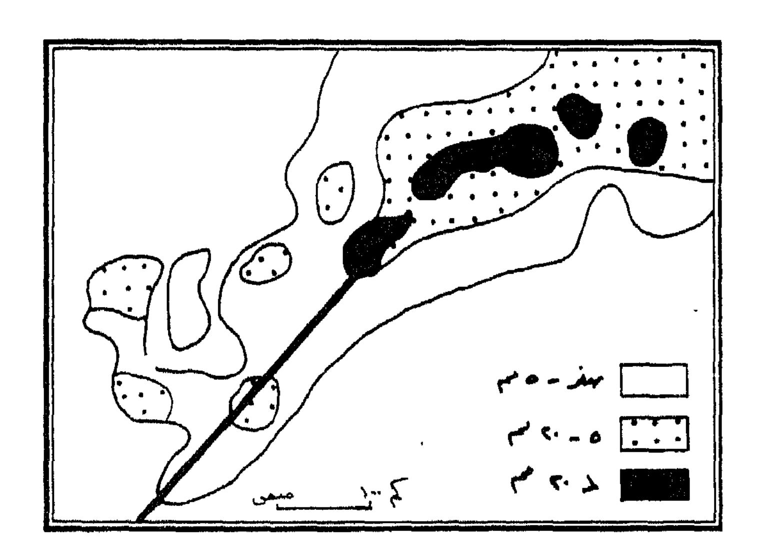
كما يعتبر عدم فصلية المطر الصفة الغالبة لسقوطها فى الصحارى. وبصفة عامة يسقط جزء منها خلال فصل الشتاء فى شكل عدة مجموعات من الأيام المطيرة، ويسقط جزء آخر خلال الفترات الانتقالية فى الخريف والربيع ، وهو يمثل الجزء الأكبر فى أغلب الأحيان. وغالبا ما تكون السيول الناتجة عن هذه الفترات الانتقالية قوية وفجائية.

وتسقط الأمطار الصحراوية فى أغلبها بشكل بقعى Spotty، وتختلف مساحة المنطقة التى تغطيها الأمطار، تبعا للعوامل الطبيعية المؤثرة عليها والمسببة لها. وتتميز هذه البقع بتنقلها مع تحرك العاصفة، ويوضح الشكل رقم (٢) نمط هذا التوزيع وتغير الأماكن مع تكرار العواصف فى منطقة الخرطوم بالسودان ، وكذلك تمنارسست بالصحراء الكبرى، كما يوضح الشكل رقم (٣) الامتداد المحتمل لإحدى العواصف المطيرة الانقلابية النشأة فى المنطقة بين طابا وشمال نويبع على خليج العقبة بسيناء.

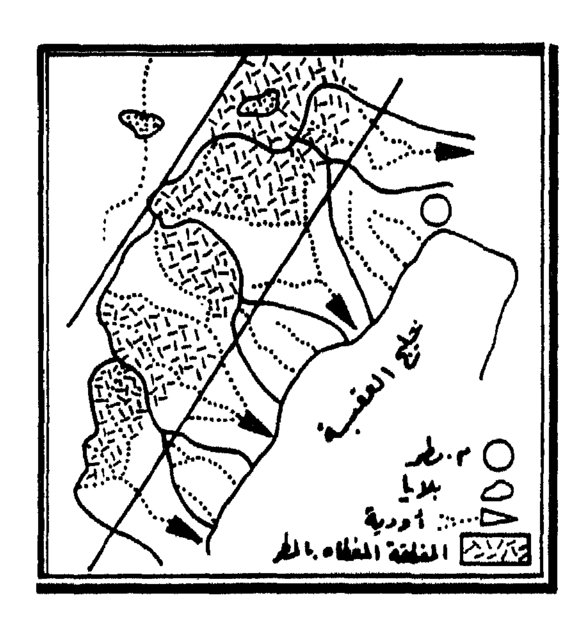
وفى العاصفة الواحدة تختلف كمية المطر الساقطة بين جزء وآخر داخل المنطقة التى تغطيها، ويرجع ذلك إلى تحرك العاصفة من جهة، واختلاف درجة كثافة المطر بين أجزاء العاصفة، كما قد ينتج الاختلاف عن اختلاف فى شكل السطح وتغاير السفوح.

ومن الأمثلة التى توضح هذه الخاصية، تلك الدراسة التى أجريت فى منطقة أدفات بصحراء النقب بفلسطين، حيث تم وضع عشرين جهاز قياس مطر على مساحة لا تزيد عن عشر هكتارات وغرم صغر المساحة المستقبلة للمطر، فقد اختلفت الكمية الساقطة داخلها بين ٢ر٢ مم-٨ر٧ مم، كذلك يوضح الشكل رقم (٤) مقدار الاختلاف فى كمية المطر الساقطة خلال إحدى العواصف على المنطقة جنوب غرب الأردن وفلسطين، وواضح منه أن خط المطر المتساوى ٥ مم يقع عند هوامش المنطقة التى غطتها العاصفة، ثم تزيد الخطوط فى كمياتها حتى تصل إلى ٧٠ مم، ٨٠ مم فى وسط المنطقة تقريبا، حيث تمثلت قمة المطر مكانيا. ويظهر الاختلاف بشكل واضح مع تغاير شكل السطح الساقطة عليه الأمطار.





شكل رقم (٢) التوزيع المكانى للامطار فى شكل بقعى ، وتغيره بين عاصفة واخرى فى السودان وقرب تمنارست بالصحراء الكبرى .

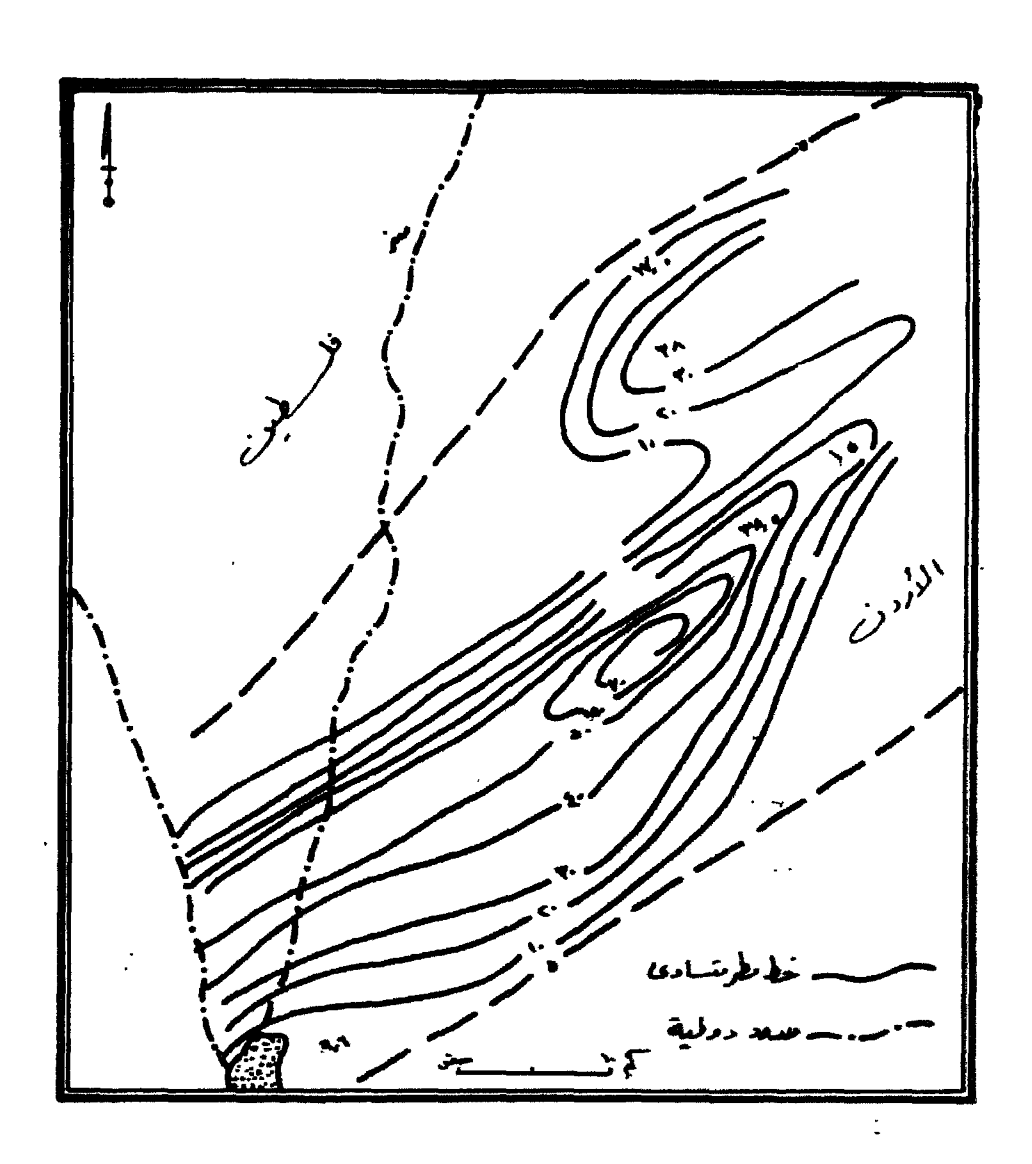


شكل رقم (٣) الامتداد المحتمل لاحدى العواصف المطيرة على منطقة شمال خليج العقبة

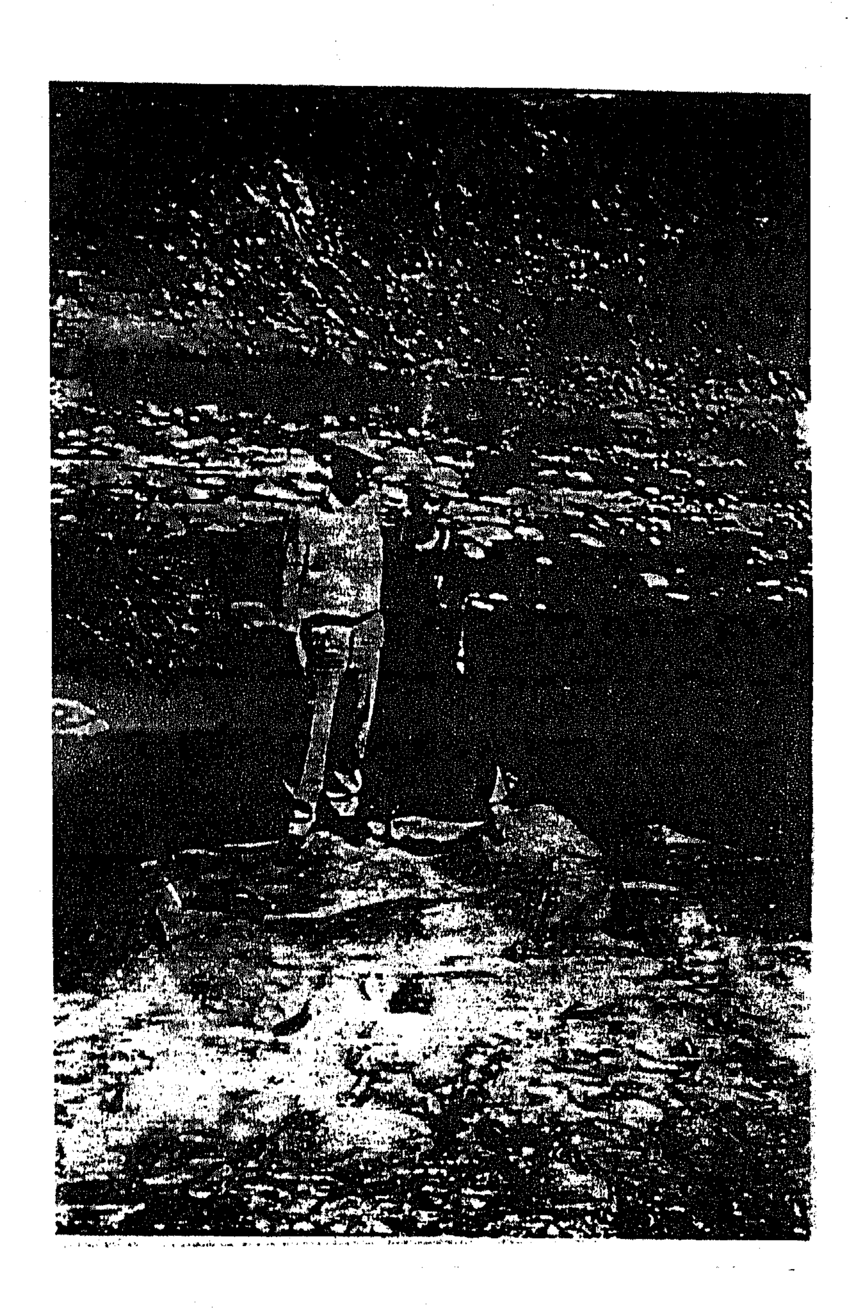
كما يؤدى تحرك العاصفة المطيرة أثناء عملية التساقط، بمعدلات كبيرة وصلت بين ٥٠٠-١٦٠٠ متر/دقيقة، فى إحدى القياسات التى أجريت فى جنوب فلسطين إلى انخفاض طول فترة التساقط وبالتالى انخفاض الكمية واختلافها بين جزء وآخر.

وتسقط الأمطار على شكل رخات مركزة فى فترات قصيرة، وقد يزيد ما يسقط فى المرة الواحدة عن المتوسط السنوى فى المنطقة. وعلى سبيل المثال فقد سقط فى إمارة الشارقة بدولة الإمارات العربية المتحدة ما يزيد عن ٤ مم من المطر فى أقل من ساعة واحدة.

وفى إحدى العواصف المطيرة سقط فى ١٦ مارس ١٩٧٢ على ميناء الأحمدى بالكويت ٢ر٩٤ مم سقط منها ٦٠ (حوالى ثلثى الكمية) خلال ساعتين فقط (طريح ١٩٨٠ ص ٢٢٤).



شكل رقم (٤) الاختلاف فى كمية المطر داخل احدى العواصف بجنوب غرب الاردن وفلسطين



بقايا بعض الامطار تغطى جزئيا قاع الوادى

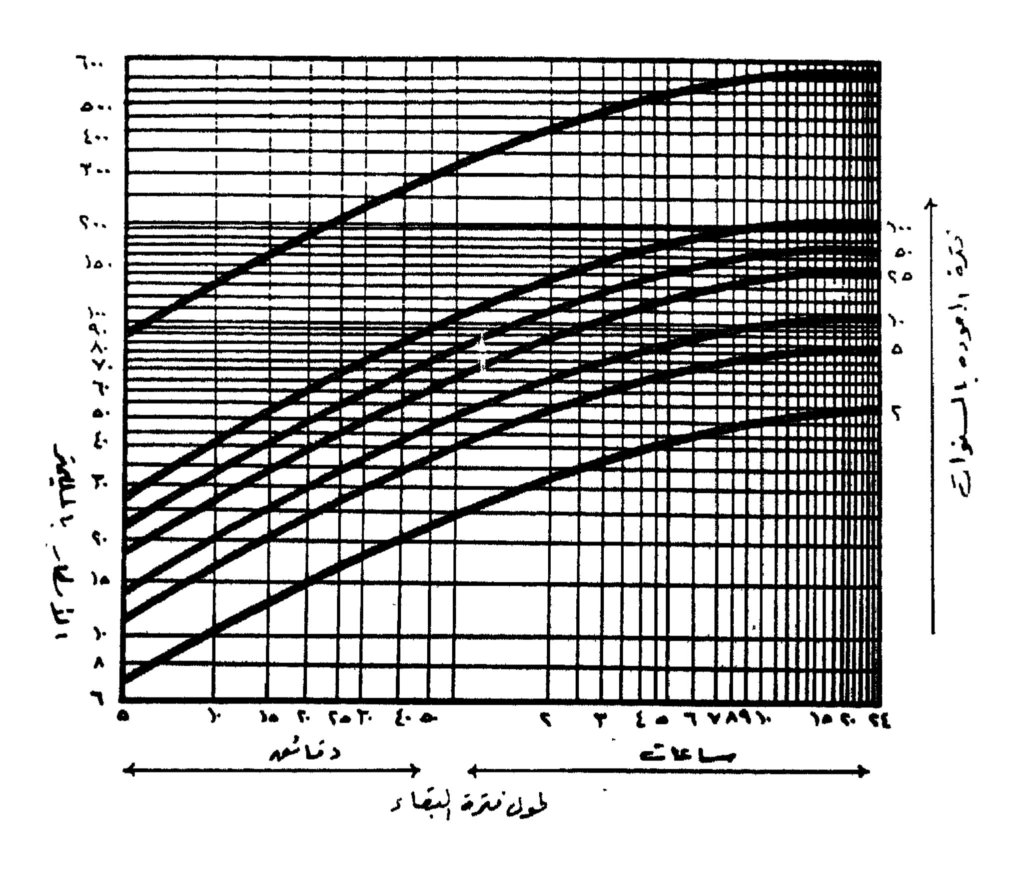
- وعلى طول ساحل خليج العقبة فى المنطقة بين نويبع وطابا سجلت المحطات التجريبية درجة تركز تراوحت بين ٢٢ر٠ مم - ١٢١ر١ مم/دقيقة، وبمتوسط حوالى ٦ر٠ مم/دقيقة وفى بعض العواصف القصيرة الأجل وصلت درجة الغزارة إلى ٩٠ مم/ساعة.

وتجدر الإشارة إلى أن درجة تركز المطر غالبا ما ترتبط بنوعية العاصفة المطيرة، ففى العواصف المطيرة الانقلابية وصلت إلى حوالى ٩٠ مم/ساعة كما هو على ساحل خليج العقبة. على حين تنخفض فى العواصف الإعصارية حيث لا يتعدى المتوسط ٣ مم/ساعة، مع وجود بعض القمم التى تتراوح فيها الكمية بين ٢٤ مم-٢٧ مم/ساعة، وان كانت هذه القمم تتميز بقصرها، حيث لا تمتد إلا بضع دقائق تتراوح بين دقيقة واحدة وست دقائق، مع احتمال تكرار القمم خلال العاصفة الواحدة. والشكل رقم (٥) يوضح كلا من درجة تركز الأمطار وطول فترة الهطول على الساحل الشرقى للخليج العربى. وبشكل عام فان معظم العواصف تصل درجة التركز فيها إلى حوالى ١ مم/دقيقة.

(د) علاقة المطر بالجريان:

مع الأخذ فى الاعتبار تأثير العوامل الأخرى على عملية الجريان والتى سيتم مناقشتها فى الجزء التالى - فانه يمكن القول بأن درجة تركز المطر Intensity، وطول فترة الهطول **Depth-Duration** يمثلان أهم العوامل المؤثرة على هذه العملية، ويعتبران أهم من إجمالى كمية المطر.

وتتفق معظم الدراسات الحديثة على أن الحد الأدنى من الأمطار اللازم ليبدأ الجريان فى التوالد والوجود هو ١ مم/دقيقة، وبمجموع حوالى ١٠ مم خلال العاصفة الواحدة، مع ملاحظة أن ذلك يتوقف على



شكل رقم (٥) كمية المطر وطول فترة البقاء والعودة على الساحل الشرقى للخليج العربى

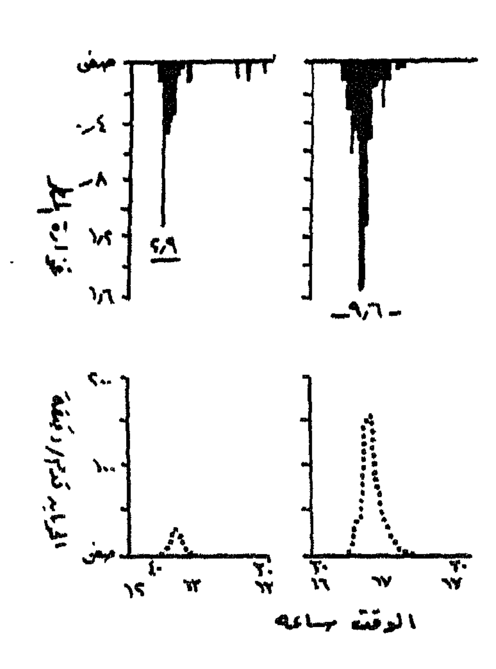
عدد من الضوابط الأخرى، ويحدث الجريان سريعا تحت هذه الكمية من المطر فى مناطق المنابع والمنحدرات، خاصة إذا توافرت بعض الخصائص فى حوض التصريف موضع العملية، مثل الصخور الصلبة شديدة التماسك المنخفضة فى قدرتها التخزينية والتسريبية، وأن يكون ذو انحدار شديد وخال من النبات الطبيعى (الكثيف) وعار من المواد المفتتة.

وتعطى بعض الدراسات التى أجريت على العلاقة بين كل من كمية المطر ودرجة تركزه مع عملية الجريان تقنينا وضحا لطبيعة هذه العلاقة ومقدارها، وبالتالى قوتها، وعلى سبيل المثال فى دراسة أجريت قرب البحر الميت بفلسطين، كانت درجة غزارة المطر التى نتج عنها جريان هى ٢ مم/١٠دقائق بالنسبة لجوانب التلال المنحدرة، و٤ مم/١٠ دقائق لباقى الأجزاء. وفى الدراسة التى أجريت على الجزء الشمالى من ساحل خليج العقبة بسيناء، بدأ الجريان فى التوالد والحدوث تحت درجات غزارة ٧٢ر٠ مم، ٠٥ر١ مم، ٦ر٠ مم، ٢١ر١ مم/دقيقة، وبإجمالى كميات مطر ٢ر٧ مم، ٥ر١٠ مم، ٠٠ر٦ مم، ٢١ر١ مم على التوالى. وكان هذا الاختلاف راجعا إلى اختلاف ظروف المناطق موضع الدراسة والملاحظة. ويوضح الشكل رقم (٦) العلاقة بين الأمطار والجريان فى بعض المحطات التجريبية.

وبشكل عام تنخفض كمية الجريان بالنسبة إلى كمية المطر الساقطة فى الصحارى. فعلى سبيل المثال كانت النسبة فى أودية كفرنجة والموجب بمنطقة البحر الميت بالأردن هى ٨%، ٦% على التوالى خلال الفترة من ٥٠-١٩٧٥ للوادى الأول، و٦٥-١٩٧٥ للوادى الثانى. وفى منطقة نحال بالقرب من رأس خليج العقبة تراوحت هذه النسبة فى إحدى المحطات التجريبية خلال الفترة من ١٩٦٧/٦٦ بين ٤ر٤-٣٦% من

مجموع المطر ٤٦ ملم

الوقت (ساعة)



شكل رقم (٦) العلاقة بين الامطار والجريان في بعض المحطات التجريبية بفلسطين

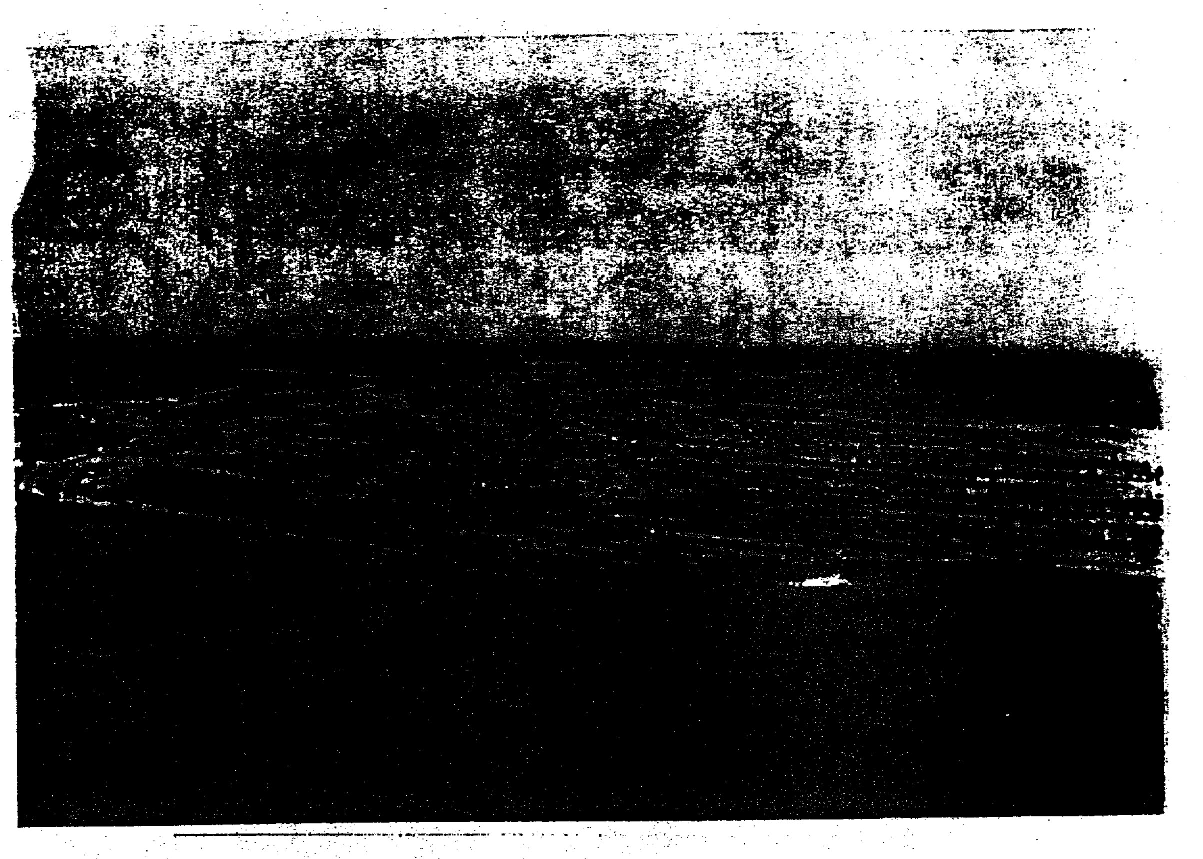
كمية المطر الساقطة ، وذلك فى أحد أحواض التصريف الصغيرة. كما تراوحت النسبة فى بعض أودية جبال البحر الأحمر بالسعودية بين ٢% و٦% تبعا لنوع التضاريس ، ودرجة تركز المطر.

ويمتد تأثير خصائص المطر على عملية الجريان إلى ما بعد بداية الجريان، فنظرا لسقوطها فى شكل بقعى فى الغالب، وبالتالى تغطيتها لمساحات صغيرة ، وحيث أن العاصفة الواحدة قد تغطى جزءا صغيرا من حوض تصريف وادى كبير، وقد يتمثل ذلك فى أحد روافده الفرعية، وبالتالى فان وصول الجريان إلى الوادى الرئيسى أو الرافد الأعلى فى الرتبة يتوقف على كل من درجة تركز المطر، وإجمالى الكمية الساقطة، وطول فترة بقاء العاصفة، وتحركها وانتقالها، وكذلك اتجاهها، ثم مدى استمرارية سقوط الأمطار بعد حدوث الجريان.

ويؤدى انقطاع المطر مع بداية الجريان إلى عدم تواصل الجريان وإلى انقطاعه أيضا. كما أن التغاير فى كمية الجريان بين أعلى الحوض وحضيضه تبعا لاختلاف الخصائص، يحدث نفس النتيجة من عدم تواصل الجريان. وتؤدى الأمطار القصيرة الأجل إلى جريان قصير كذلك. وهذا يتضح من الشكل رقم (٧) حيث أدت مثل هذه الخاصية إلى وجود جريان استمر بين ١٥-٢٠ دقيقة فقط واقتصر حدوثه على الجزاء العليا من السفوح يتوقف قبل أن يصل إلى الحضيض.

كما يؤدى تحرك العواصف خلال سقوط الأمطار إلى انخفاض نصيب الجزء الواحد من المنطقة التى تغطيها العاصفة، مما يؤدى إلى انخفاض احتمال توالد الجريان أو إلى التغير والاختلاف فى نقاط البدء بالجريان أو عدم تواصله واستمراره .

٢- الفواقد:



تشعب المجارى فى الاودية مما يعمل على زيادة فرص
التسرب و التبخر

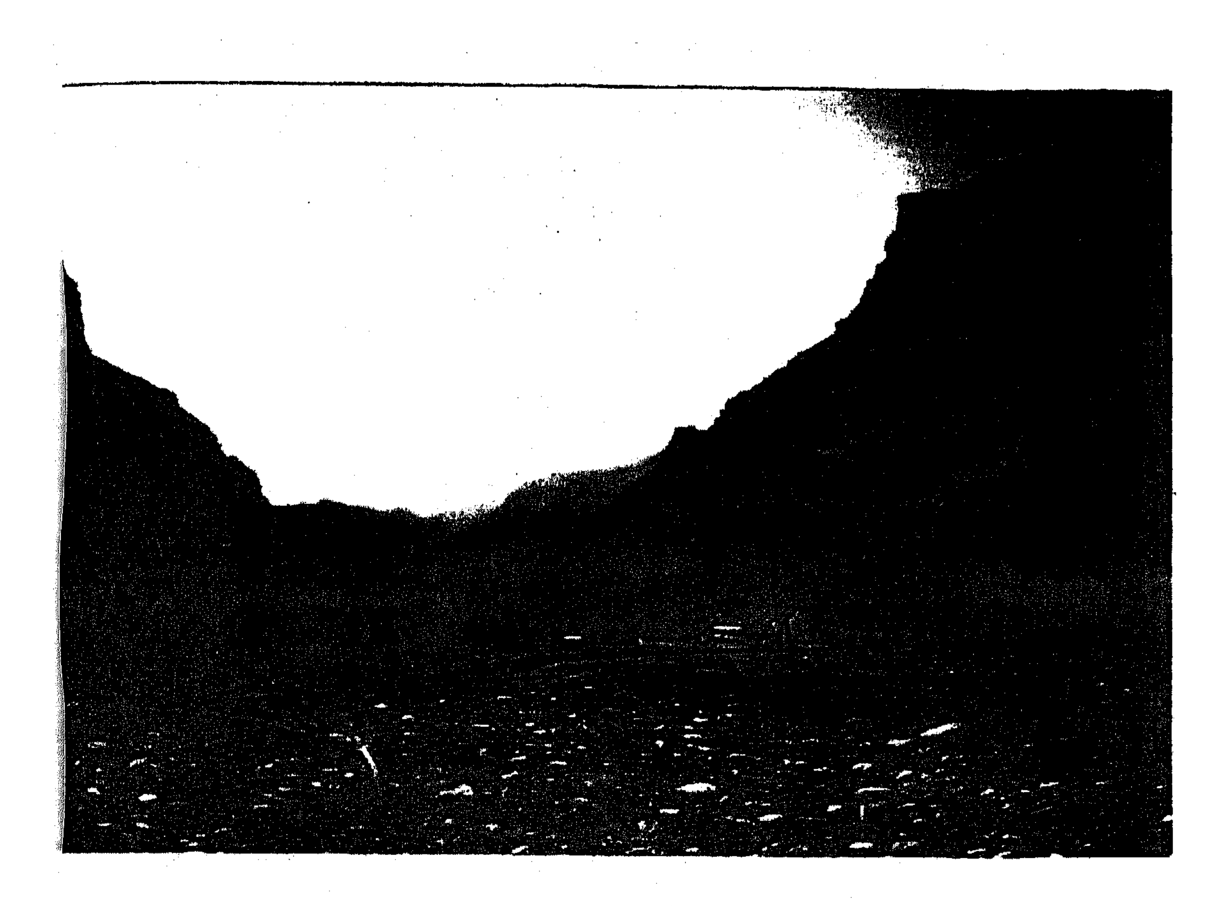
تؤثر كمية الفواقد عن طريق كل من التبخر والتسرب، على بدء عملية الجريان، الذى يمثل فى هذه الحالة الفائض من المطر بعد هاتين العمليتين. كما يمتد تأثيرهما إلى ما بعد توالد وبدء الجريان، حيث يؤثران كذلك على إمكانية واستمرار الجريان فى الروافد ووصوله إلى الوادى الرئيسى، أو انقطاعه وعدم استمراره، كما تحددان مع بعض العوامل الأخرى خصائص الجريان المختلفة، خاصة كمية وسرعة الجريان.

(أ) فوائد التبخر:

المعروف أن التبخر فى الصحارى يزيد عنه فى أى منطقة أخرى بدرجة كبيرة، وليس أدل على قيمة التبخر وتأثيره فى الصحارى من استخدامه كأحد أطراف المعادلات التى تحدد الأراضى الجافة فى معظم الدراسات التى تناولت هذا الجانب.

ويرجع ارتفاع معدلات التبخر إلى ارتفاع درجات الحرارة خاصة فى فصل الصيف ، والتى تؤدى إلى ارتفاع حرارة الهواء والتربة، وكذلك ارتفاع درجة جفاف الهواء فى أغلب الأحيان ؛ مما يعطيه القدرة على زيادة التبخر. هذا بالإضافة إلى انكشاف السطح وخلوه من النبات الطبيعى.

وبالإضافة إلى هذه العوامل التى تؤدى إلى زيادة التبخر فان هناك عوامل قد تقلل من وقعه وكميته، ولعل أهمها قصر فترات التساقط، ودرجة تركز المطر، بالإضافة إلى صغر المساحات التى تسقط عليها الأمطار مما يقلل من كمية الفاقد عن طريق التبخر، أثناء فترة السقوط وهو العامل الهام والمؤثر على بداية الجريان، كما أن ندرة النبات



باطن احد الاودية الصحراوية

الطبيعى وبالتالى انخفاض أو عدم وجود الفاقد عن طريق النتح ؛ يؤدى إلى انخفاض كمية الفاقد.

(ب) علاقة التبخر بالجريان:

نظرا لقصر مدة بقاء العواصف الغزيرة المطر، والتى تؤدى إلى توالد الجريان فان فواقد التبخر التى لها تأثير مباشر على الجريان ، يمكن حسابها على أساس فعاليتها خلال الفترة منذ بداية سقوط المطر، وحتى يبدأ الفائض المكون للجريان، أو حتى يأخذ الجريان طريقه بالفعل، على شكل انسياب، أو أى شكل آخر، وهى فترة قصيرة لا تمثل خلالها فواقد التبخر إلا نسبة صغيرة ولذلك لا تعتبر عاملا حديا تتوقف عليه عملية توالد الجريان من عدمه.

إلا أنه فى حالات المطر لفترات طويلة فان فعالية التبخر سوف تكون أكثر حدة، وبالتالى فانه يمكن أن يكون له تأثيره القوى على الجريان، وتقلل من فرص وجوده وربما تتبخر معظم الأمطار الساقطة وتضيع ، خاصة إذا لم يكن لهذه الأمطار قمة، وكانت درجة غزارتها منخفضة ،أو تسقط بشكل أقرب للتساوى والانتظام خلال الفترة الطويلة. وقد يكون لهذا النظام مفعوله فى التعجيل بتكوين الجريان فى مرة مطر تالية، كنتيجة لإشباع التربة أو احتفاظها بجزء من هذه الأمطار، مما يقلل من الفواقد سواء عن طريق التبخر من التربة أو التسرب.

(جـ) فواقد التسرب:

تختلف كمية التسرب بين جزء وآخر من الصحراء، ويرجع ذلك إلى التغاير والاختلاف فى خصائص السطح، والمواد التى تغطيه، إلى

جانب عدد من الخصائص الأخرى، منها درجة رطوبة التربة، ودرجة الانحدار، وطول فترة المطر، وطول فترة ركود المياه على السطح، إلى جانب تأثير بعض العمليات الواقعة على التربة من الخارج أو التي تحدث داخلها.

وفي المناطق العارية من التربة، وحيث تنكشف الصخور، تؤثر نوعية الصخر وخصائصه المختلفة على عملية التسرب، وترتبط كمية ومعدل التسرب هنا بكل من المسامية Porosity ودرجة النفاذية Permeability ، واللتان تختلفان باختلاف نوعية الصخر. كما تعتمدان على الفواصل وأنظمتها والشقوق ، وخطوط الصدوع ، التي تشغل الواجهة المكشوفة والأجزاء السفلية، بالإضافة إلى العديد من الخصائص الأخرى.

وبشكل عام فان الصخور العارية -في حالة وجودها- تعمل على سرعة توالد الجريان فوقها خاصة إذا كانت الأمطار الساقطة غزيرة، وتزداد الفرصة مع زيادة انحدار السطح. حيث أن تماسك الصخور مع قصر الفترة اللازمة لحدوث الجريان أثناء الأمطار الغزيرة، يعمل على خفض الكمية المتسربة.

وغالبا ما تتمثل الصخور العارية في الأجزاء العليا من السفوح وحيث لا تسمح درجة الانحدار بتراكم المفتتات عليها مما يزيد من فعاليتها في توالد الجريان. وفي المقابل يعمل تراكم الرواسب والمفتتات على الأجزاء الدنيا من السفوح إلى زيادة الفواقد؛ مما يجعل ضياع الجريان المتوالد من الأجزاء العليا ؛ وبالتالي عدم تواصل الجريان وانقطاعه أمر وارد

كذلك يساهم كل من نسيج التربة Soil Texture وبنيتها Structure فى هذا المجال، فمن المعروف أن هناك علاقة شبه طردية، بين حجم المفتتات وكمية ومعدل التسرب، وهذا بالطبع مع ثبات الظروف الأخرى.

كما أن التغاير فى أحجام المواد ووجودها على سطح التربة فى شكل يختلف عما تحتها يؤثر بشكل واضح على العملية.

وتوضح بعض الدراسات التجريبية أن هناك علاقة موجبة بين توالد الجريان وحجم وتوزيع المواد الخشنة على السطح، والتى يعقبها مواد أكثر تماسكا، حيث يؤدى وجود كل من الزلط Cobbles والجلاميد Boulders على السطح إلى توزيع الأمطار الساقطة وتركزها فوق أجزاء صغيرة من الطبقة السفلى المتماسكة، مما يؤدى بالتالى إلى زيادة كمية المياه الفائضة فوق السطح عن معدلات التسرب.

ويؤثر شكل وانحدار السفوح على عملية التسرب بشكل مباشر، حيث يؤدى شكل القطاع السفحى فى أى جزء منه، سواء كان مقعرا أو محدبا، أو مستقيما، أو يضم أكثر من شكل واحد، على زيادة أو نقص معدلات التسرب وبشكل عام يزيد المعدل مع نقص درجة الانحدار فى القطاعات، وتزيد فرص وسرعة توالد الجريان على القطاعات التى يزيد بها الانحدار وفى السفوح المقعرة Conecave.

وفى الأجزاء المستوية وشبه المستوية من الصحارى وحيث يزداد سمك المفتتات والمواد الناعمة، والتى قد تأخذ أشكالا معينة، ومن أهمها الكثبان الرملية والمراوح الفيضية وبطون الأودية، وكذلك البلايا والملاحات. وفيما عدا الشكلين الأخيرين فان معدل التسرب يزداد بدرجة كبيرة نظرا لارتفاع المسامية والنفاذية فى المواد التى تكون هذه الأشكال،

بالإضافة إلى عامل استواء السطح فيها، والذى يتيح الفرصة لمزيد من التسرب.

وهناك بعض العوامل والعمليات الأخرى التى تؤثر على معدل وكمية التسرب، ومن أهمها رطوبة التربة وخاصة فى جزئها العلوى. وبصفة عامة تتناقص الكمية المتسربة مع ازدياد المحتوى الرطوبى. ولما كان المحتوى الرطوبى للتربة الصحراوية يعتبر منخفضا جدا تحت ظروف الجفاف السائدة، فان تأثير الرطوبة هنا يكاد يكون معدوما، إلا فى حالات تكرار المطر على فترات زمنية قريبة وخاصة فى فصل الشتاء. أو فى الفترات المتأخرة من بعض الليالى التى تنخفض فيها درجات الحرارة، مما يؤدى إلى تكاثف بعض الندى على السطح أو بالقرب من المناطق الساحلية حيث تزيد نسبة رطوبة الهواء وكذلك التربة، وكذلك عندما تسمح ظروف السطح بزيادة نسبة الرطوبة كما هو الحال على جوانب بعض السفوح الجبلية التى يمتد عليها الظل. وفى مثل هذه الأحوال فان معدل التسرب يتوقف على مقدار تشبع التربة بالرطوبة. كما يعمل تراكم الأملاح وتركزها قرب سطح التربة فى الصحارى - وكنتيجة لقلة تعرضها لعمليات الغسيل، والتصفية، تحت ظروف قلة المطر - على تكوين طبقة صماء تعمل على خفض كمية التسرب ؛ وتساعد على توالد الجريان بعد تشبع الجزء العلوى الواقع فوق هذه الطبقة.

وتؤثر بعض الخصائص الكيميائية للتربة على عملية التسرب. على سبيل المثال هناك علاقة بين درجة نفاذية التربة، ونسبة التبادل الصوديومى Exchangeable Sodium والتركيز الاليكتروليتى Electrolyte Concentration فمع التبادل الصوديومى، وانخفاض التركيز الاليكتروليتى فى التربة يحدث ما يعرف بالتشتت الصلصالى والذى

يؤدى إلى تكوين قشرة فوق التربة تعمل على خفض النفاذيـــة وبالتـــالى سرعة توالد الجريان، ومع زيادة التركز الاليكتروليتى فقد ينتج العكس.

وللعمليات البشرية تأثير أيضا على التسرب، فعلى ســـبيل المثـــال يؤدى الرعى الجائر وتناقص الغطاء النباتى، إلى انخفـــاض واضـــح فـــى معدل التسرب، وبالتالى تزايد احتمال توالد الجريان بصفة عامة. ويوضـــح (الجدول رقم ١) بعض البيانات المنشورة عن الوقت اللازم لإتمام عمليـــة التتسبع فى بعض أجزاء من الصحارى:

جدول رقم (١) الوقت اللازم لاتمام عملية التشبع فى بعض اجزاء مـــن الصحارى

المصدر	الوقت (ثانية)	كميـــة المطـــر مم/ساعة	درجة التوصيل التشبعى	ملاحظات
Rubin, 1966	٢٩,٩	٢١٠٥٤,٠	٤٧٨,٨	تجارب معملية
	١٦٥,٧	١٠٧٧,٣	٤٧٨,٨	(رمال)
Smith and cherry, 1973	٨٠,٠	١٢٧,٢	٣٠,٠	احصاء
	١٤٠,٠	١٠١,٤	٣٠,٠	احصاء
Mein and Larsen,1973	١٣٠,٠	٤٠٠,٣	٥٠,٠	احصاء
	٥٤٠,٠	٢٠٠,٢	٥٠,٠	احصاء
	٦٠٠,٠	٢٠٠,٢	٥٠,٠	احصاء
Swatratzendruber and Hillel 1973	٢٢٦٠,٠	٦٢,٢	٥٢,١	اختبارات حقلية
	٦٤٠,٨	٦٢,٢	٤٠,٦	اختبارات حقلية
Scoging and Thornes 1979	٣٤,٨	٤٤	١٦٨,٦	ملاحظـــات واختبـــارات ميدانية علـــى السفوح

عن: Cooke et al., 1985 p. 220.

(د) علاقة التسرب بالجريان:

تبعا لنموذج هورتـــون (Hortonian model) فـــان القـــدرة التسريبية لأى منطقة ليست ثابتة أثناء المطر، ولكنها تبـدأ بقيـم أوليـة مرتفعة ثم تتناقص سريعا، وبعد مرور حوالى نصف ساعة إلى ســـاعتين أو ثلاث تصل إلى قيمة ثابتة. ولذلك فان جزءا كبيرا من بدايـــات المطـــر تضيع فى التسرب، ومع مرور وقت معين والوصول إلى القيمة الثابتـــة، تصبح الفرصة مواتية لتوالد الجريان. شكل (رقم ٨).

ويوضح (الجدول رقم ٢) نتـــائج إحـــدى الدراســـات التجريبيـــة، والعلاقة بين كل من كمية وغزارة المطـــر، وكميـــة التســـرب الأوليـــة، والجريان، وكذلك معدل التسرب الثابت (القيمة الثابتة).

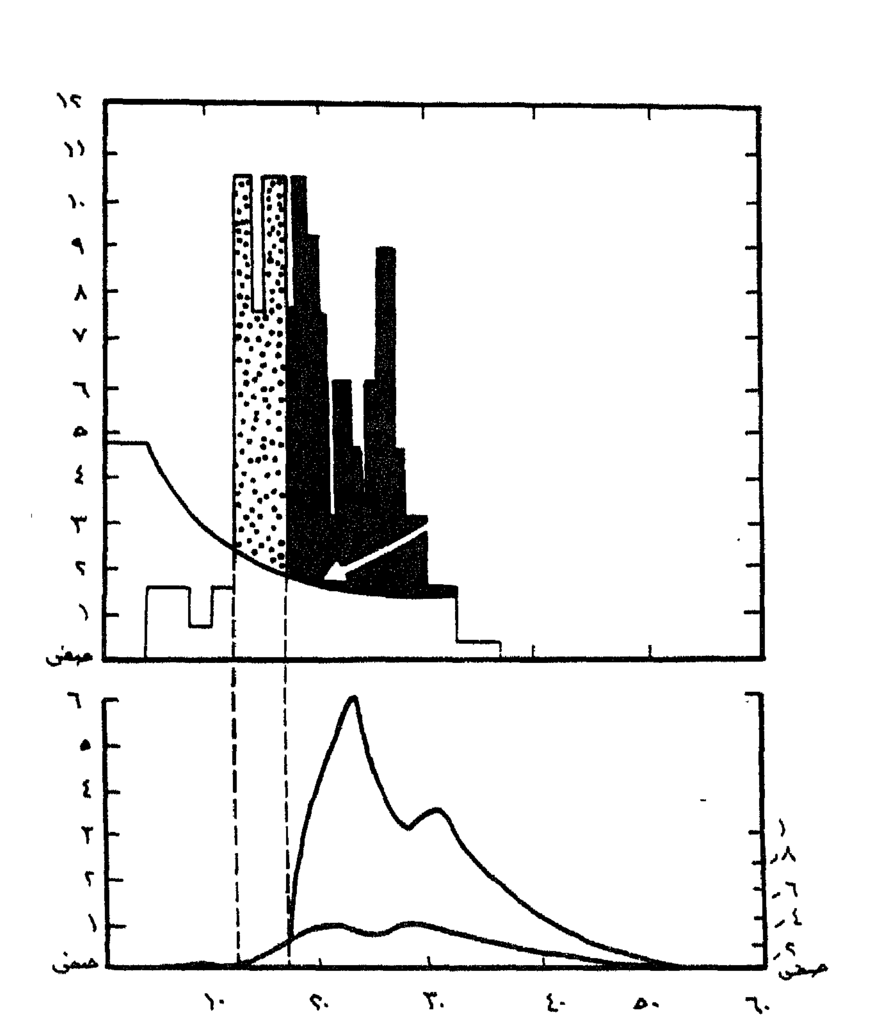
جدول رقم (٢) نتائج احدى الدراسات التجريبية

محطة رقم	خصائص السطح ونوعية التكوينات	كمية المطر مم	كثافة المطر مم/دقيقة	وقت التباطوء دقيقة	كمية التسرب الاولية مم	مسح. الجريان مم	النسبة المئوية للجريان %	القيمة الثابتة مم/دقيقة
١	صخور شست وجرانيت شبه عارية عليها مفتتات ذات احجام ١٥-٢٥ سم/طول السفح ٧٠ مسم بانحدار ٣٤ درجة	٧,٢ ٤.٤ ٤.٤	٠٧٢ ٠٤٤ ٠٢٢	٣,٥ ٤,٠ ٦,٥	٢,٥٢ ١.٧٦ ١.٤٣	٢,٢٠ ٠.٨٦ ٠.٨٧	٣٠,٦ ١٩,٥ ١٩,٨	٠,٣٧ ٠,٢٦ ٠,١٥
٢	جرانيت /شست/مفتتات خشنة احجامها بين ٣٠-٤٠ سم- سفح محدب طوله ١٥٠م وانحداره ٣٤ درجة	٩,٣ ٤,٠ ٦,٠	٠,٩٣ ٠,٤٠ ٠,٣٠	٢,٥ ٣,٥ ٤,٥	٢,٣٣ ١.٤٠ ١,٣٥	٢.٧٣ ١.٢٣ ١.٦٨	٢٩,٤ ٣٠.٨ ٢٨,٠	٠.٥٢ ٠.٢٠ ٠.١٨
٣	شست/جرانيت عار تماما به فواصل كثيفة مملوءة بالمواد الناعمة	١٠,٥ ٥.٥ ٥,٤	١,٠٥ ٠,٥٥ ٠,٢٧	٢,٠ ٢,٥ ٣,٥	٢,١٠ ١,٣٨ ٠,٩٥	٤,١٥ ٢,٢٥ ١.٩٣	٣٩,٥ ٤٠,٩ ٣٥.٧	٠,٥٣ ٠,٢٥ ٠,١٤
٤	حجر رملى خشن/عار فى بعضه والبعض عليه مفتتات خشنة ذات حجم من ٢٠-٤٠ سم طول السفح ٢٢٠م وانحداره ٢٨ درجة	٩,٤ ٦,٠ ٥,٤	٠,٩٤ ٠٦٠ ٠,٢٧	١٠,٥ ٧,٠ ٦,٥	٩.٨٧ ٤,٢٠ ١,٧٦	- ٠٣٠ ٠,٩٤	- ٥,٠ ١٧.٤	٠,٩٤ ٠,٥٠ ٠,١٩

٥	حجر جيرى مع صـــوان/ مفتتـــات	٩,٣	٠,٩٣	٣,٥	٣,٢٦	٢,٩٠	٣١,٢	٠,٤٨
	خشنة حجمها من ١٥–٢٠ ســم /	٥,٥	٠,٥٥	٤,٠	٢,٢٠	٠,٩٦	١٧,٥	٠,٣٨
	طول السفح ٨٥ م وانحـــداره ٣١ درجة	٦,٠	٠,٢٠	٧,٥	٢,٢٥	٠,٧٣	١٢,٢	٠,٢١
٦	سدود بجماتية تغطيها مواد انعـــم	١٢,١	١,٢١	٤,٠	٤,٨٤	٢,٥٦	٣١,٢	٠,٧٧
	احجامها من ٣–٧ ســم / طـــول	٦,٣	٠,٦٣	٤,٥	٢,٨٤	١,١٤	١٨,١	٠,٥٥
	السفح ٢٠م / وانحداره ٣٠ درجة	٨,٤	٠,٤٢	٥,٥	٢,٣١	٢,٢٢	٢٦,٤	٠,٢٨

ويتضح من هذا الجدول أن نسبة الفواقد الأولية للتسرب مع بداية الأمطار قد تراوحت بين ٦ر١٧% إلى ١٠٥% من كمية الأمطار الساقطة، وبمتوسط عام ٤٠% تقريبا، كما أن هذه النسبة تنخفض مـــع انخفــاض كثافة المطر.

وقد تراوح وقت التباطؤ **Lag-Time** وهو الوقت الفـــاصل مـــن بداية المطر وحتى يبدأ الجريان فى التوالد ، ويمثل الوقت الذى ترتفع فيه معدلات التسرب بين ٢–٥ و ١٠ دقيقة بمتوسط حوالى ٥ دقائق. ويلاحظ أن هذا الوقت يزيد مع انخفاض كثافة المطر كذلك. وقد بدأ الجريان فـــى الحدوث بعد هذا الوقت، عندما انخفض معدل التسرب ووصل إلى القيمة



شكل رقم (٧) العلاقة بين غزارة الامطار والقدرة التسربيبة والجريان

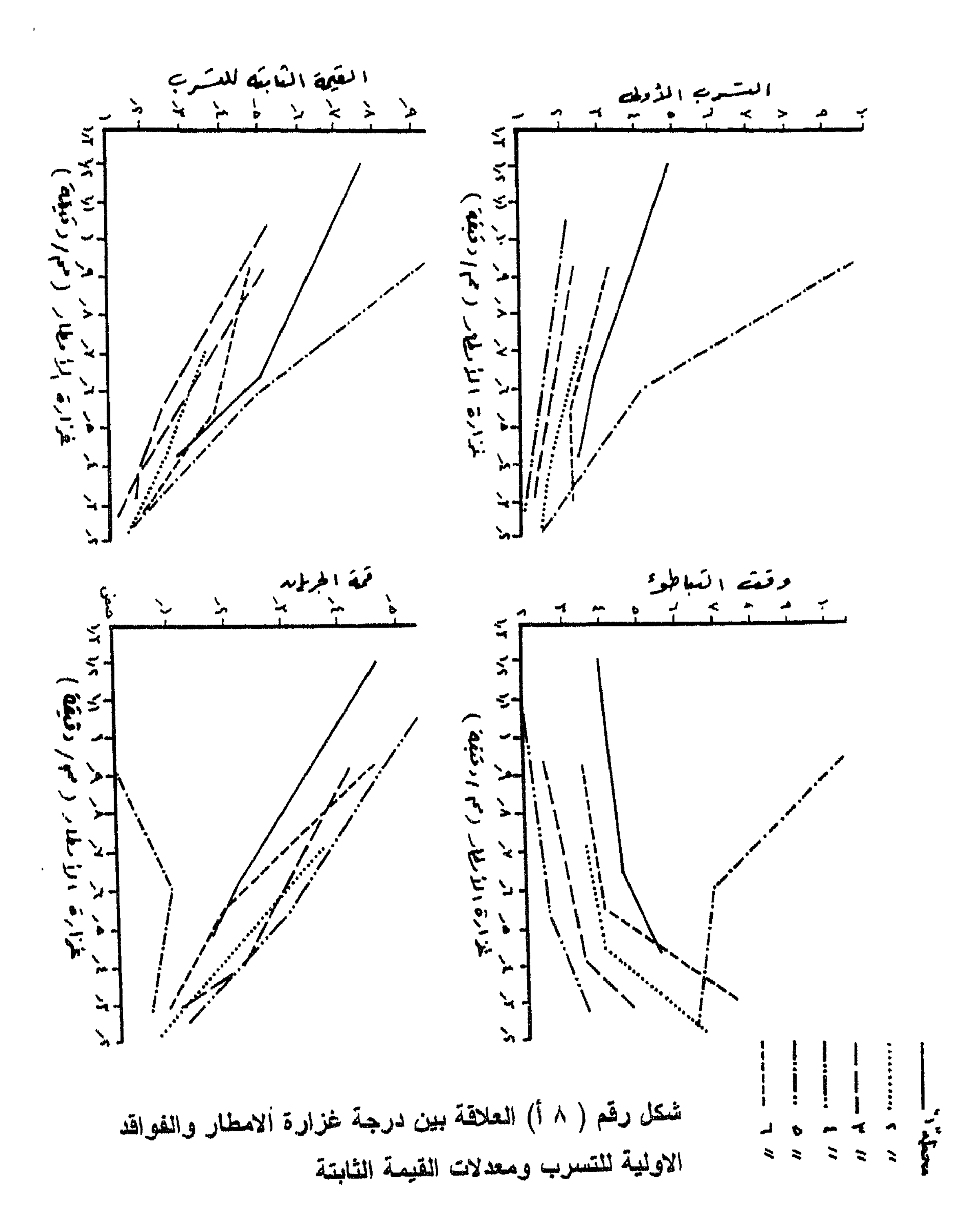
الثابتة والتى تراوحت بين ١٨ر٠-٩٤ر٠ مم/دقيقة، ومع هذه القيم زادت كثافة المطر، وأصبحت أعلى من معدلات التسرب، مما أحدث فائضا، أدى إلى وجود الجريان.

وقد كانت أسرع المناطق فى حدوث الفائض، الذى أدى إلى توالد الجريان هى المحطة رقم (٣)، وذلك راجع إلى أنها تتكون من صخور عارية من المفتتات، وتتكون من الشست والجرانيت على حين كانت المحطة رقم (٤) أبطأ المحطات جميعا فى حدوث الفائض وتوالد الجريان، ويرجع ذلك إلى تكون السفح من الحجر الرملى الذى تغطيه المفتتات فى بعض أجزائه.

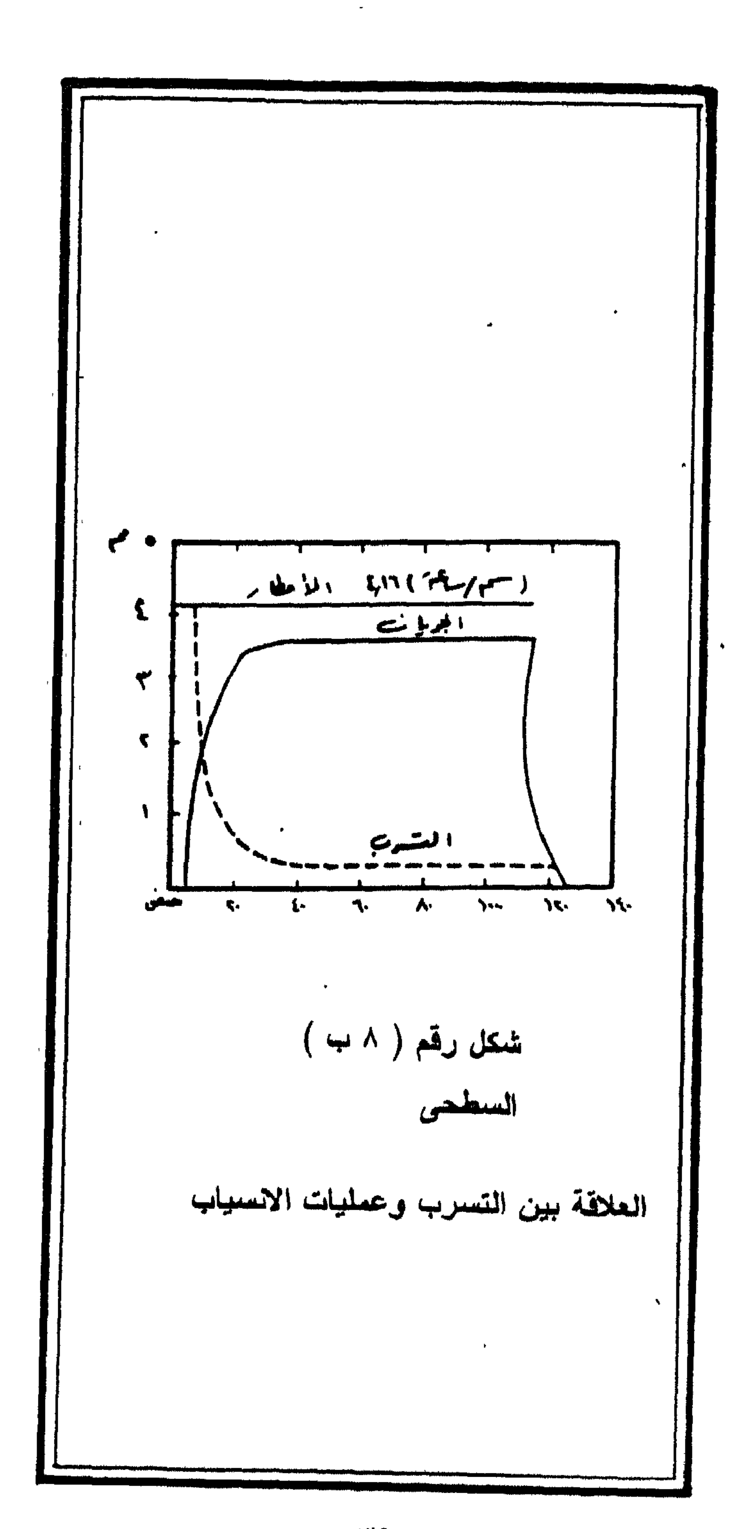
وتراوحت نسبة الجريان إلى الأمطار بين صفر وحوالى ٤١% وبمتوسط حوالى ٣٣%. ويوضح الشكل رقم (٨ -أ)، العلاقة بين درجة غزارة الأمطار والفواقد الأولية للتسرب ومعدلات القيمة الثابتة، وكذلك وقت التباطؤ وقمة الجريان (تبعا لهورتون).

وفى صحارى أريزونا ونيومكسيكو كان معدل التسرب الثابت يتراوح بين ٣ر١-٣ر٤ سم/ساعة (أى ٢٢ر٠-٧٢ر٠ مم/دقيقة) فى تربة تتكون من الرمال مع بعض الحصى واللوام مع الحصى ، وهى أرقام قريبة تماما من التى وردت فى الجدول السابق.

كما يوضح الشكل رقم (٨ – ب) العلاقة بين التسرب وعمليات الانسياب السطحى Overland Flow ، والذى استخدمت فيه أمطار صناعية ثابتة الكثافة. ومع ملاحظة أن هذا يختلف مع الطبيعة حيث أن



شكل رقم (٨ أ) العلاقة بين درجة غزارة الامطار والفواقد الاولية للتسرب ومعدلات القيمة الثابتة



شكل رقم (٨ ب)

السطحى

العلاقة بين التسرب وعمليات الانسياب

العواصف المطيرة -وكما سبق ووضح من مناقشة خصـــائص المطـــر- تتغاير بسرعة زمانيا ومكانيا وكميا ؛ وتبعا لهذه الخصائص بالإضافة إلـــى الظروف الأخرى، فان فائض الأمطار وتوالد الجريان ربما يحدث فى جـــزء معين من حوض التصريف، وداخل هذه المنطقة وتبعـــا لاختـــلاف كثافـــة المطر، وتحرك العاصفة المطيرة، وكذلك اختلاف معدلات التســـرب بيـــن جزء وآخر، فان عملية توالد الجريان لن تكون موحدة داخل المنطقة.

والخلاصة أن حدوث الجريان يتوقف على معدل التسرب النـــهائى (أى القيمة الثابتة)، والتى يصل إليها التسرب فى خلال فـــترة وجـــيزة لا تتعدى الدقائق، كما وضح من الدراسات السابقة . وعندها ومـــع غـــزارة المطر وزيادتها عن هذا المعدل يبدأ فى حدوث الفائض، الذى يمثل بدايـــة توالد الجريان. وتبعا لقصر الفترة حيث يصل المعدل فيـــها إلـــى القيمـــة الثابتة، (وقت التباطؤ Lag-Time)، فان هـــذا ســـوف يســـمح بتوالـــد الجريان حتى خلال العواصف المطيرة القصيرة الأجل. ولكـــن يلاحـــظ أن هناك عددا آخر من العوامل تتحكـــم فـــى عمليـــة الجريـــان، وحدوثـــها، وتواصلها أو انقطاعها، وهذا ما سيتم مناقشته فى الأجزاء التالية . وتبعـــا لهذه العوامل فان هناك احتمالا لحدوث فائض وتوالد جريان فـــوق جـــزء معين ، ولكنه قد يفقد أو يضيع فيما بعد ، أو لا يصل إلى المجارى.

وبالإضافة إلى ما سبق يحسن العرض لبعض المعادلات الرياضيـــة التى يمكن تطبيقها فى هذا المجال، ورغم كـــثرة هـــذه المعـــادلات إلا أن أفضلها وأنسبها للاستخدام فى الصحارى وأيســـرها فـــى التطبيـــق تلـــك الخاصة بكركباى Kirkby, 1976, 78 (Cocke et al 1985, p 219).

$$V = PB / (P-A)_2 \qquad -١$$

حيث أن V = volume stored

- وتعنى الحجم المخزون إلى النقطة التى تتساوى عندها درجة غزارة المطر مع المعدل النهائى للتسرب (القيمة الثابتة) والذى يبدأ بعده تكوين الفائض وبالتالى تولد الجريان.

- درجة غزارة المطر — P = The final precipitation
- عدل التسرب النهائى

A = The final constant (القيمة الثابتة) infiltrabil

حيث أن $B = (P-A) / th$

To = the time-ellapsed since the beginning of infiltration.

- أى وقت التباطؤ

N= a constant which if equal to 0.5 yields a curve similar to that of philip

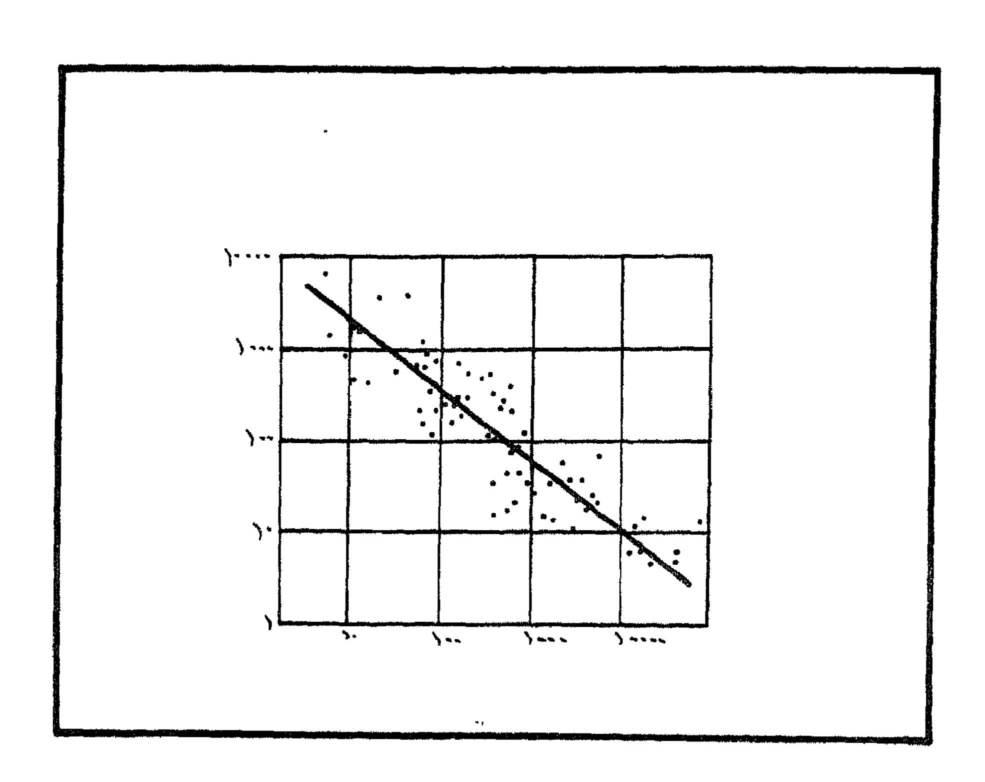
- أى ثابت يساوى ٥ر٠ الناتج طبقا لمعادلة فيليب

٣- أحواض التصريف:

يؤثر عدد من الخصائص والمتغيرات المختلفة الخاصة بأحواض التصريف على عملية الجريان في الصحارى، كما هو الحال في المناطق الرطبة، ومن أهم هذه الخصائص: مساحة أحواض التصريف، والتكوينات الجيولوجية والتربة داخله، وشكل الحوض، وانحدار سطحه، بالإضافة إلى بعض الجوانب الأخرى مثل نسبة التضرس والمنحنى الهبسومترى.

وبالنسبة لمساحة حوض التصريف -وكما سبق أن وضح- فان أغلب العواصف المطيرة لا تغطى إلا جزءا صغيرا من سطح الحوض، خاصة فى الأودية كبيرة المساحة، وفى هذه الحالة فان كمية الجريان تصبح ذات علاقة عكسية مع مساحة حوض التصريف شكل (رقم ٩).

وفى الأحواض الكبيرة المساحة تصبح عملية الجريان تبعا لخصائص المطر مقصورة على أحد الروافد، أو جزء معين من الحوض، دون بقية الحوض، وعلى ذلك يصبح وصول جريان هذا الرافد إلى الوادى الرئيسى ، أو وصوله إلى المصب رهنا بكمية الجريان والخصائص



شكل رقم (٩) العلاقة بين مساحة حوض التصريف وكمية الجريان

المختلفة للرافد موضع الجريان. فإذا ما كان الجريان قويا فانه قد يستطيع الوصول إلى منطقة مصب الوادى الرئيسى، إلا أنه يلاحظ عليه، أنه غالبا ما يكون ذا قمة أقرب للاستواء بمعنى أن الجريان هنا سوف يكون منتظم الكمية والسرعة وخاليا من وجود قمة.

إلا أن مشاركة أكثر من رافد فى وقت واحد فى عملية الجريان، قد يعمل على وجود قمة، تزيد خلالها سرعة وكمية الجريان عما هو الحال خلال بقية الجريان. فعلى سبيل المثال فى أحد السيون والذى جرى فى وادى وتير بسيناء، فى يناير ١٩٨٨ كانت مساحة أحواض الروافد الشمالية التى وقع فيها الجريان لا تمثل أكثر من ١/٤ المساحة الكلية لحوض الوادى التى تبلغ (٣٥١٣ كم٢)، ورغم ذلك فإن عملية الجريان كانت من القوة بحيث شملت الوادى الرئيسى، ووصلت إلى خليج العقبة، واستطاعت تدمير الطريق الذى يحتل باطن الوادى، بالإضافة إلى عمليات التخريب الأخرى. وفى نفس الوادى فاض أحد السيول الكبيرة عام ١٩٧١ نتيجة الجريان فى أحد الروافد الصغيرة ،لا تزيد مساحته عن ١٣ كم٢ فقط.

وتتوقف عملية الجريان فى الأودية الكبيرة على نوع العاصفة المطيرة، ومقدار امتدادها وتغطيتها لسطح الحوض، فالعواصف المطيرة الانقلابية، رغم تميزها بالغزارة إلا أنها ذات أقطار مساحية صغيرة، وهذا يعنى أنها لن تغطى إلا جزءا صغيرا من الحوض، وبالتالى فان عملية الجريان سوف تتوقف على رافد أو أكثر من روافد الوادى. أما فى حالة العواصف الجبهية فان الامتداد يكون أوسع مساحة، وبالتالى فان هناك احتمالا لأن تغطى مساحة أوسع، وتشمل أجزاء أكبر من الحوض. ولكن يجب ملاحظة موقع العاصفة من حوض التصريف، فمن المحتمل أن تكون

على موقع مشترك مع الأحواض المجاورة، وهذا يعنى قسمة الأمطار بين هذه الأحواض كل بقدر ما يصيبه من مطر. أما فى حالة وقوعها على حوض واحد، فان ذلك سوف يؤدى فى أغلب الأحيان إلى حدوث جريان يتميز بالقوة، ويزداد قوة إذا ما كان موقع هذه العاصفة أقرب لمنطقة المصب، لقصر الرحلة التى قد يضيع جزء كبير من الجريان خلالها، إذا ما كان موقعها فى أعالى الحوض .

ويختلف الوضع فى حالة الأحواض الصغيرة المساحة حيث أن فعالية الجريان سوف تكون أكبر، تحت ظروف تغطية السطح بكامله بعاصفة مطيرة، فى أغلب الأحيان. وعلى ذلك فان كثيرا من الدراسات تربط بين المتوسط السنوى للجريان، مع مساحة أحواض التصريف التى تقل مساحتها عن ٢٠٠ كم٢، خاصة فى حالة عدم وجود اختلافات وتغيرات فى الانحدار، على سبيل المثال كانت العلاقة بين كلا المتغيرين فى صحراء المكسيك تحكمها المعادلة التالية.

كمية التصريف ٣٣ر٢ (سنة) = ١٢ مساحة الحوض (٧٩ر٠)

كما يرى وولمان وجيرسون Wolman & Gerson أن الأحواض التى لا تزيد مساحتها عن ١٠٠ كم٢ يمكن أن تعامل كما هو فى أنواع المناخات الأخرى، أى يمكن تطبيق المعادلات الرياضية الخاصة بالتصريف فى المناطق الرطبة عليها. أما فى حالة زيادة المساحة عن ١٠٠ كم٢ فمن المستبعد أن تغطيها كلها عاصفة واحدة، وعلى ذلك فان العلاقة بين الجريان والمساحة سوف تكون أضعف منها فى الأراضى الرطبة

ولذلك يرى مابوت أن العلاقة ليست قوية فى حالة الأحواض

الكبيرة المساحة والأحواض الداخلية، حيث أن الجريان كثيرا ما يضيع فى رواسب قيعان الأودية الرئيسية.

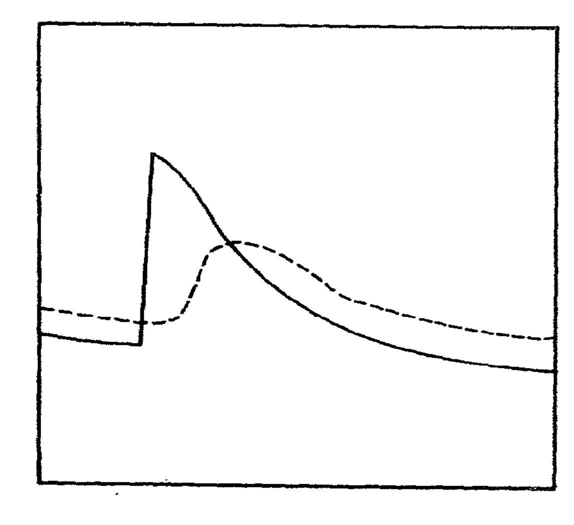
وتؤثر كل من التكوينات الجيولوجية والتربة على عملية الجريان، فحيث توجد الصخور غير المنفذة، فان الجريان يكون ذا قمة حادة كنتيجة لقلة التسرب. أما فى حالة الصخور المنفذة وكنتيجة التسرب، والفاقد فان قمة الجريان تصبح مفلطحة فى أغلب الأحوال شكل رقم (١٠).

كما تلعب الظروف البنيوية فى الأحواض دورا بارزا فى التأثير على الجريان، وذلك من خلال تأثيرها على عملية التسرب، وانعكاسها كذلك على شكل الحوض وانحدار السطح فيه، والتغيرات المختلفة، وكذلك شكل المجارى وكيفية اتصالها بالوادى الرئيسى .

ويعتبر شكل حوض التصريف أحد العوامل التى تؤثر على عملية الجريان وخصائصها المختلفة، حيث تؤثر على كمية الجريان، كما تؤثر على ما يعرف بوقت الانتقال travel-time لأى نقطة مطر منذ سقوطها على سطح الحوض وحتى وصولها إلى المجرى الرئيسى.

وبصفة عامة يمكن القول أن الأحواض المستديرة أو التى تميل للاستدارة، تتجمع فيها مصبات معظم الروافد فى منطقة واحدة (تمثل المركز)، ومع حدوث عمليات جريان فى هذه الروافد فان الجريان يصل غالبا إلى هذه المنطقة فى وقت واحد أو متقارب، مما ينتج عنه فيضان كبير وسريع فى الوادى ويصنع قمة حادة.

وفى المقابل فان الأحواض المستطيلة، أو التى تميل للاستطالة، غالبا ما تكون روافدها قصيرة وتتصل بالوادى الرئيسى على مسافات متباعدة من كلا الجانبين، وهذا ينعكس على عملية الجريان فالروافد الواقعة على طول الأجزاء الدنيا من الوادى سوف تصرف مياهها للوادى

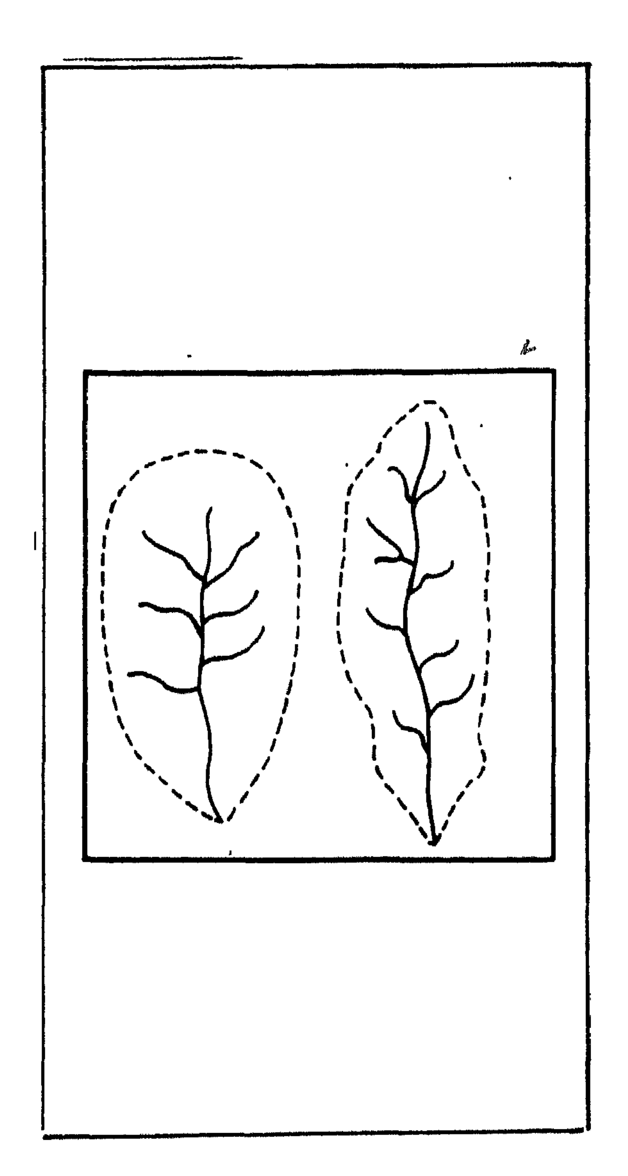


شكل رقم (١٠) العلاقة بين شكل وقمة الجريان واختلاف
نوعية الصخور والتربة

الرئيسى، وبالتالى تصل إلى مصبه قبل وصول جريان الروافد الواقعة فى الأجزاء العليا من الحوض، مما يترتب عليه ضعف وانخفاض فى كل من كمية وسرعة الجريان، كما أن قمة الجريان تكون ضعيفة وغير حادة، والشكل رقم(١١) يوضح كلا النوعين من الأحواض.

وحتى إذا تساوى حوضان فى المساحة وفى كثافة التصريف واختلفا فى الشكل، فكان أحدهما يميل للاستطالة والآخر يميل للاستدارة، فانه فى حالة الحوض المستطيل إذا ما سقطت أمطار وسببت جريانا فان هذا الجريان سوف يأخذ وقتا طويلا حتى يصل إلى نقطة خروجه من الحوض، نظرا لطول الحوض وطول مسافة الانتقال مما يصنع منحنى مائى زمنى **Hydrograph** عريض. على حين أن الحوض المستدير نظرا لوصول المياه من روافده فى وقت واحد؛ فان ذلك يؤدى إلى منحنى مائى زمنى ذى قمة حادة، كما ذكر من قبل. ويوضح الشكل (رقم١٢) تأثير شكل الحوض على نظام الجريان.

وإذا ما أخذنا اتجاه إحدى العواصف المطيرة فى الاعتبار، وأنها تنتقل بين جزء وآخر، وأنها لا تغطى كل سطح الحوض فى وقت واحد، ففى حالة تحرك العاصفة على أحد الأحواض المستطيلة الشكل من المصب فى اتجاه المنابع فان قمم الجريان للروافد السفلى سوف تصل إلى نقطة (س) قبل جريان روافد الأجزاء الوسطى والعليا. وإذا ما انعكس اتجاه حركة العاصفة، وأصبح من المنابع فى اتجاه المصب، فان قمم الجريان للروافد سوف تصل إلى النقطة (س) فى وقت متقارب من جميع الروافد مما يصنع قمة واحدة عند هذه النقطة ويوضح الشكل (رقم ١٣) هذه العلاقة بين شكل حوض التصريف واتجاه العاصفة المطيرة.



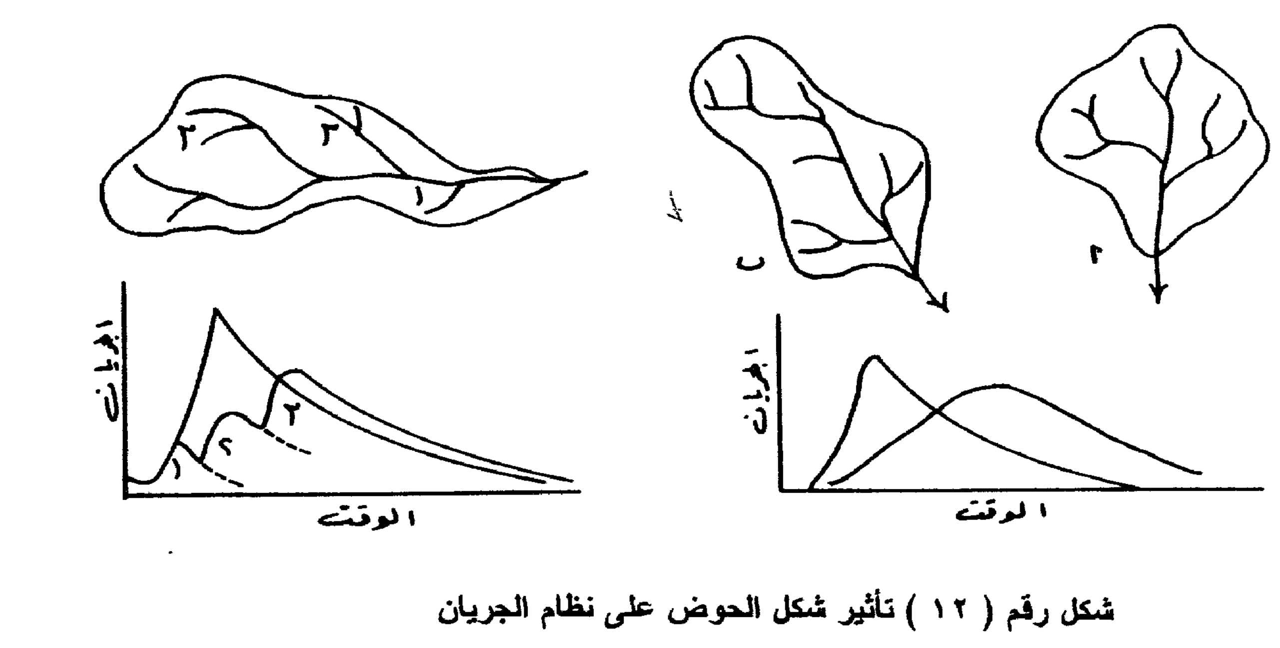
شكل رقم (١١) شكل احواض التصريف المستديرة والمستطيلة ونقط التقاء الروافد داخلها

وبالنسبة لانحدار سطوح الأحواض فقد أوضحت العديد من الدراسات أن عملية الجريان لا تحدث بشكل منتظم فوق كل السفوح خلال وقت واحد، ويرجع هذا إلى تأثير اختلاف انحدار السطح، وبالتالى التغاير فى كل من سمك التربة وحجم المواد وما يترتب على ذلك من مقدار النفاذية.

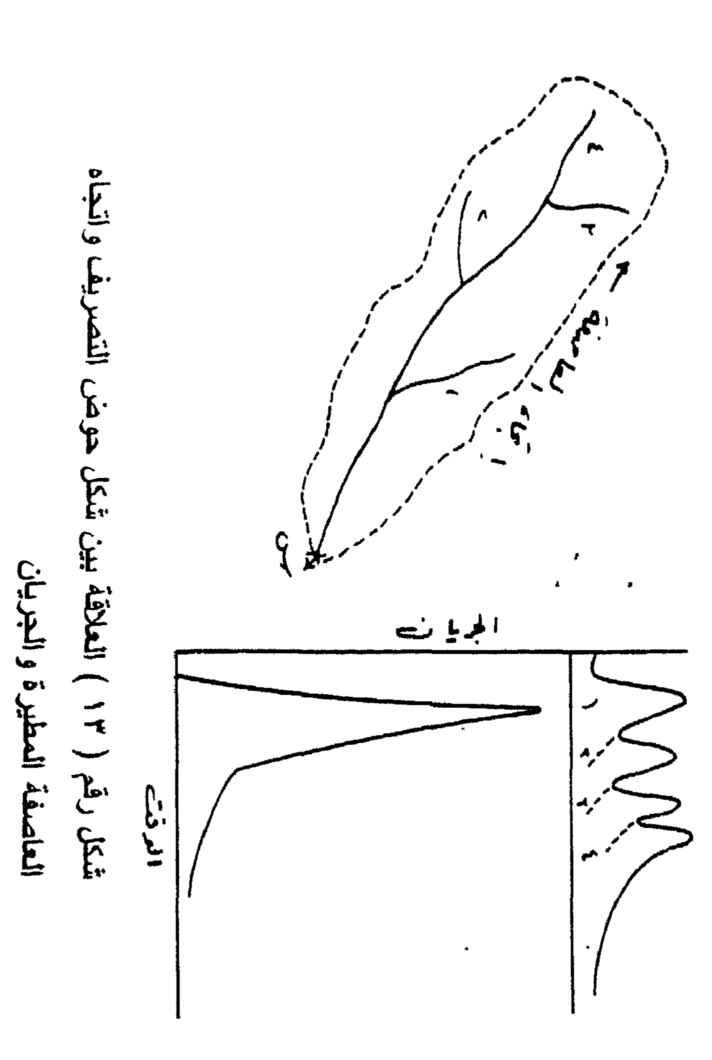
وبشكل عام فان معامل التباطؤ (ويقصد به هنا الفترة المحصورة بين توالد الجريان ووصوله لبدايات المجارى المحددة) يكون مرتفعا فى حالة السطوح المنخفضة الانحدار، والأجزاء شبه المستوية بسبب انخفاض فعل الجاذبية الأرضية على هذه السطوح، وتؤدى مثل هذه الظروف إلى المزيد من الفواقد عن طريق التبخر والتسرب، مع تراكم المياه لمدة أطول. والعكس صحيح حيث تعمل الانحدارات الشديدة على انخفاض الفواقد ومعامل التباطؤ ؛ وبالتالى زيادة فى سرعة وحجم التصريف، ويرى باولسن أن التسرب يزيد مع تناقص متوسط الانحدار.

وفى دراسة على إحدى المناطق الجافة بجنوب غرب الولايات المتحدة تبين منها أن هناك علاقة قوية بين انحدار سطح الحوض، ووقت التباطؤ، كما أن النصف العلوى لحوض التصريف يعتبر أشد ارتباطا من نصفه الأدنى. وهذا يوضح أن الجزء الأشد انحدارا من الحوض يعمل على ضبط وقت وقمة الجريان أكثر من فائض المطر الذى يحدث فوق الحوض.

كما تؤثر بعض الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف على الجوانب الهيدرولوجية وخاصة عمليات الجريان تأثيرا واضحا، ومن أهم هذه الخصائص : الرتبة- وإعداد المجارى -ومعدل التفرع- وكثافة التصريف- وأطوال المجارى.



شكل رقم (١٢) تأثير شكل الحوض على نظام الجريان



شكل رقم (١٣) العلاقة بين شكل حوض التصريف واتجاه
العاصفة المطيرة والجريان

فالأحواض التى تضم عددا كبيرا من المجارى تعتبر ذات كفاءة عالية فى عملية نقل الجريان، والعكس صحيح، وبشكل عام يميل التصريف فى المناطق الصحراوية إلى زيادة عدد المجارى فى الرتبة الأولى بدرجة كبيرة من المواد المفككة والمفتتات على السطوح وكذلك ندرة النبات الطبيعى، وهذا يعنى كفاءة عالية فى نقل الانسياب السطحى من السطوح المجاورة إلى المجارى، مما يساعد على سرعة نقل الجريان من جهة، وانخفاض نسبة الفواقد عما لو استمرت مدة أطول منتشرة على مساحة كبيرة فى شكل انسياب سطحى، من جهة أخرى.

كما أن زيادة عدد المجارى يعنى أن جزءا كبيرا من الأمطار الساقطة سوف تتلقاه هذه المجارى وهذا من شأنه أن يقلل كذلك من عمليات التسرب، عنه فى أجزاء الأحواض المحيطة بهذه المجارى.

ولمعدل التفرع علاقة بعمليات الجريان من خلال علاقته بشكل حوض التصريف، فالأحواض التى تميل للاستطالة غالبا ما ينخفض بها معدل التفرع، ولذلك تتأخر بها عمليات الجريان مع الوقت مما يعطى الفرصة لضياع جزء كبير من الجريان فى التسرب والتبخر، وهذا قد يعطى الفرصة لتغذية المياه الجوفية، وفى المقابل فان الأحواض المستديرة يرتفع بها المعدل، وهذا يساعد على أن يتم فيها الجريان فى وقت قصير، مما يعطى قيمة قوية وحادة، ولذلك يحتاج هذا النوع من الأحواض إلى عمليات ضبط للجريان عن طريق بناء السدود، وتوخى الحذر عند استغلال الأجزاء الواقعة عند المصب بصفة خاصة، وعمل الدراسات اللازمة والأبحاث الضرورية لذلك.

كذلك فانه يمكن الربط بين كثافة التصريف، وكمية الجريان، وخصائصه الأخرى، وهذا ما وضح فى العديد من الدراسات التى تناولت

هذا الجانب ، على سبيل المثال كارلستون ربط بين هذين المتغيرين في شكل معادلة كالتالي:

Q = 2.33 per-mi2 = 1.3 D2

أي أن متوسط الجريان السنوي/ميل٢ = ٣ر١ مربع كثافة التصريف في الحوض.

وهذا يوضح قوة العلاقة بينهما، كما يعني كذلك أن شبكة التصريف تلائم adjustment نفسها مع المتوسط السنوي للجريان .

كما يرى ملتون (Melton, 1958, p. 450) أن هناك ارتباطا بين كثافة التصريف ونسبة مساحة السطح العاري، وهذا يوضح أن كثافة التصريف تزيد في المناطق الخالية من النبات -كما ذكرنا- في الصحارى وخاصة في السطوح العارية من المفتتات والمكشوفة، ويلاحظ أن هذه المناطق في أغلبها عبارة عن مناطق جبلية شديدة الانحدار، مما يعني أن هذه المناطق هي أكفأ أجزاء الصحارى لنقل مياه الجريان وأكثرها تجميعا وأقلها فقدا، وبالتالي فهي أكثرها خطورة على أوجه العمران خاصة وأن الجريان يتحرك بسرعة في هذه الأجزاء، ومع ارتفاع الكثافة فان وقت التباطؤ ينخفض بدرجة كبيرة كما تزداد قمة الجريان حدة.

كذلك فان أطوال المجاري لها علاقة مباشرة بالجريان من خلال تأثيرها على المسافة التي يقطعها الجريان في الروافد حتى يصل إلى الوادي الرئيسي أو في الشبكة كلها حتى يصل إلى المصب، وبالتالي فان زيادة متوسط الطول في الرتبة الواحدة يعني زيادة طول الرحلة بالنسبة للجريان وبالتالي زيادة طول الوقت والفواقد ومع زيادة الفواقد في الأودية الطويلة فقد يؤدي ذلك إلى انقطاع الجريان وعدم تواصله، وفي المقابل

فان المجارى القصيرة يقل فيها طول الرحلة، وبالتالى ينخفض كل من الوقت والفواقد، مما يترتب عليه وصول الجريان بسرعة ودون فواقد تذكر.

وتتميز المجارى المتشعبة بأنها ضحلة قليلة العمق، ويزيد اتساعها كثيرا عن عمقها، وتميل إلى التعرج فى قطاعاتها الطولية فى شكل انحناءات واسعة فى معظمها، وتتكون قيعانها من مواد ناعمة غالبا رمال أو رمال مع حصى، كما تتكون جوانبها من مواد أكثر خشونة، وتؤدى مثل هذه الظروف إلى خفض سرعة الجريان وميله للتسرب، كما تعمل على زيادة فواقد الجريان نتيجة انتشار المياه فى أكثر من مجرى ،وكذلك التسرب فى المواد والرواسب التى تغطى بطون وجوانب المجارى، مما قد يؤدى إلى انقطاع الجريان وضياعه فى هذه الأجزاء فى حالة السيول.

ولا شك أن هذه الخصائص تنعكس على الجريان الحالى، وتؤثر عليه تأثيرا مباشرا كما يؤثر الجريان أيضا على هذه الخصائص. ويعتبر كل من انحدار وعرض وعمق المجرى، بالإضافة إلى شكل القاع من أهم الخصائص الجيومورفولوجية للمجارى، والتى تؤثر على عملية الجريان.

وفى الصحارى يتناقص الانحدار فى اتجاه المصب بدرجة أقل من تلك الخاصة بمجارى المناطق الرطبة، وقد ظهر ذلك واضحا فى عدد من الدراسات التى أجريت فى منطقة نيومكسيكو.

وتختلف العلاقة بين هذين المتغيرين نسبيا فى حالة السيول، فكثير من السيول المنخفضة لا يمكنها الوصول إلى المصب كنتيجة لضياعها عن طريق التسرب فى بطن الوادى، كما تقل كميتها وتنخفض سرعتها مع الاتجاه للمصب، أما فى حالة السيول القوية فيمكن أن ينطبق

عليها هذه العلاقة إلى حد بعيد. ويلعب موقع العاصفة على حوض التصريف دورا بارزا فى هذا الجانب.

كما يختلف الانحدار فى مجارى الروافد تبعا لموقعها داخل الحوض، فالمجارى الواقعة فى المناطق المرتفعة أو مناطق المنابع، والتى غالبا ما تكون عبارة عن مناطق جبلية تتميز بشدة الانحدار والتقطع، تكون المجارى عميقة شديدة الانحدار، وهذا يعكس كفاءة هذه المجارى فى نقل الجريان. ويزداد تأثير هذا النوع من المجارى فى حالة إذا ما كان الحوض كله أو معظمه تسود فيه الارتفاعات والانحدارات، والتقطع، وفى المقابل فان المجارى الواقعة فى مناطق الأجزاء الدنيا، أو الواقعة فى مناطق سهلية، أو أحواض تتميز بانخفاض الارتفاع والانحدار، والتقطع فيها، تتميز بانخفاض انحدارها، وغالبا ما تكون متسعة ويكون نقلها للجريان أقل كفاءة، كما تنخفض فيها السرعة بالإضافة إلى تعرضه إلى الضياع عن طريق التسرب والتبخر.

كذلك فان انتقال المجارى من المناطق المرتفعة إلى السهول المجاورة يعكس التغاير فى الانحدار، وكنتيجة لهذا الانتقال المفاجئ، فان انخفاضا قويا فى السرعة يحدث للجريان مما يؤدى إلى إلقاء هذه المجارى لما تحمله من رواسب، ومن ثم تصبح هذه الأجزاء مناطق لزيادة انخفاض كل من كمية وسرعة الجريان، كنتيجة لتسرب جزء كبير من المياه خلال هذه الرواسب، فضلا عن انخفاض السرعة الناتج عن التغير فى الانحدار، وبالتالى تراكم هذه المياه فوق السطوح أو بطون المجارى، وتعتبر مناطق المراوح الفيضية أفضل الأمثلة لذلك، وقد تؤدى مثل هذه الظروف إلى انقطاع الجريان وعدم وصوله إلى المصب.

وللعمليات الجيومورفولوجية السائدة تحت ظروف الجفاف، والتى من أهمها عمليات التجوية الميكانيكية، وعمليات نقل المفتتات الناعمة من بين الخشنة سواء عن طريق الغطاءات الفيضية أو الرياح، تأثير على سمك وحجم المفتتات والرواسب فوق الصخر الأصلى ويؤثر ذلك على عملية التسرب، كما يؤثر على عمليات الجريان غير المركز وأيضا على الجريان المركز فى المجارى عن طريق نوعية وحجم الحمولة.

وتؤدى كذلك عمليات الجريان السيلى غير المنتظم والتى تتميز بالتغاير والتقطع فى الصحارى، إلى تشكيل وتغيير قيعان وجوانب الأودية والمجارى. فكثيرا ما تلقى هذه السيول بما تحمله من رواسب فى بعض أجزاء من قاع الوادى بعيدا عن المصب، خاصة فى السيول المنخفضة أو الضعيفة التى لم تستطع الوصول إلى المصب. كما أنه كثيرا ما تنقل بعض الروافد كميات كبيرة من الرواسب إلى المجارى الرئيسية، خاصة إذا كانت عملية الجريان مقصورة عليها ، وتؤدى هذه الرواسب إلى زيادة التسرب فى بطون الأودية كما تعمل على إعاقة الجريان وتشتيته خاصة فى السيول الضعيفة.

وتعمل عمليات الجريان القوية على نحت الأجزاء المقعرة من جوانب الأودية مما يزيد من حدة الالتواء والتثنى فى هذه الجوانب. كما قد يكون لديها القدرة على نقل وتحريك بعض أشكال الرواسب على قاع المجرى للأمام مع حركة الجريان، ويؤدى مثل هذه المتغيرات إلى تغير واضح فى اتجاه وسرعة التيار وسلوك الجريان.

كما تؤدى بعض العمليات البشرية التى تمارس فى هذه المناطق مثل الرعى الجائر والتحطيب، أو إقامة الحواجز والعقوم أمام الجريان أو السدود الرملية، بالإضافة إلى عمليات الاستصلاح والاستزراع فى بطون

الأودية والمناطق السهلية، وعمليات الامتداد العمراني خاصة العشـــوائي منها من جانب قاطني الصحاري أو بواسطة الهيئات الحكومية تؤدي إلـــى تغيير كبير في زيادة الفواقد أو خفضها، أو إعاقة الجريان، وعدم وصولـه إلى الأجزاء الدنيا، وتعرض جزء كبير للتسرب.

ثانيا – الجريان

(أ) بداية الجريان:

عندما تزيد درجة كثافة الأمطار الساقطة عن معدل وكمية الفواقد وخاصة التسرب – نظرا لقلة فواقد التبخر خلال فترة العاصفة –فإن فائضا من المياه يتكون على السطح، ومن ثم تصبح الفرصة مهيأة ليبدأ الجريان. وبصفة عامة يمكن ملاحظة التتابع التالى فى هذه العملية:

١ – تتكون طبقة رقيقة من المياه على السطح، وتبدأ فى الحركة على شكل انسياب مع اتجاه الانحدار العام.

٢ – تتجمع هذه المياه المنسابة فى بعض المنخفضات فى التعرجات الصغيرة والبرك الموجودة على السطح، أو ما يطلق عليه الخزن السطحى.

٣ – مع امتلاء هذه الأجزاء المنخفضة يبدأ الفائض منها فى التحرك والانسياب.

٤ – ثم بعد ذلك يبدأ الانسياب فى الوصول إلى المجارى الصغيرة والتى تنقلها إلى جداول أكبر، تنقلها بدورها إلى المجارى الأكبر وهكذا حتى تصل إلى الوادى الرئيسى.

وتتوقف كل من العمليات السابقة على عدد من العوامل ففى البداية يتوقف تكون طبقة المياه الرقيقة الناتجة عن الفائض بعد تشبع التربة أو السطح على العوامل السابق إيضاحها عند مناقشة التسرب. الا أن درجة إنفاذ التربة ومعدل التسرب فيها ودرجة غزارة المطر الساقط عليها تعتبر أهم العوامل المؤثرة.

كما أن عملية الخزن السطحى تتوقف على طبيعة السطح، ومقدار التغاير الدقيق فيه وتعتبر السطوح المستوية والقليلة التعرج والتغاير من أنسب الأماكن لتكون هذه الطبقة وبدء تحركها، على حين أن كثرة السبرك والمنخفضات والتعرجات على السطح قد يؤخر من هذه الحركة ويحد منها ، كنتيجة لاستنزاف هذه الأشكال لجزء من المياه الفائضة ، وأنها تحتاج لوقت حتى يتم اتصال الأسطح ببعضها.

(ب) أشكال الجريان:

بعد تكون فائض المياه ومع بدء تحرك هذه الطبقة الرقيقة من المياه مع اتجاه الانحدار ؛ يبدأ ما يمكن أن يطلق عليه اسم الجريان. ويمكن تقسيم أشكال الجريان التى تتم فى الصحارى على أساس شكلها وخصائصها المختلفة إلى الانسياب السطحى، والجريان المركز فى المجارى.

١- الانسياب السطحى:

وهو الذى يتشكل مع بداية تجمع الماء فوق السطح كفائض بعد تشبعه، وبعد عملية الخزن السطحى ويبدأ فى الحركة مع اتجاه الانحدار، ويكون ذلك فى شكل غير مركز حيث يغطى جزءا واسعا من السطح، أو بمعنى أصح السفح، ويأخذ بذلك شكل الغطاء Sheet أو طبقة من المياه يتراوح سمكها بين ١٠-٣٠ مم، أو ربما أكثر ويظل على هذه الحالة حتى يصل إلى المجارى المحددة من الرتبة الأولى أو غيرها.

وخلال هذه المرحلة يمكن أن تتابع العملية فى عدد من الأشكال، تبدأ بتخلف الأمطار الزائدة عن عملية التسرب، ثم يتغطى ما يقرب من ثلث السطح بالمياه، ثم يغطى السطح كاملا وبعدها يبدأ الانسياب فى التحرك.

ويغطى الانسياب السطحى المنطقة الواقعة بين خط تقسيم المياه وبداية المجارى الأولية (يقصد بخط تقسيم المياه هنا خط تقسيم المياه الرئيسى بالنسبة للحوض، وكذلك بالنسبة للأحواض الفرعية والصغيرة داخل حوض الوادى). والتى تتجمع فيها المياه وتتحرك حركة مركزة. ويختلف سمك المياه أو عمقها فى الانسياب، كما يختلف طول المسافة التى يقطعها حتى يدخل المجارى، وتختلف كذلك السرعة التى يتحرك بها، وذلك تبعا لعدد من الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، ويمكن تحديد طول الانسياب طبقا للمعادلة التالية:

$$LO = 1/2Dd$$

حيث أن:

LO=length of overland طول الانسياب السطحى

Dd = drainange density كثافة التصريف فى الحوض

ويتحرك الانسياب على السفوح تبعا لشكل وخصائص هذه السفوح، وكذلك كمية المياه المتجمعة. فقد يكون فى شكل انسياب رقيق السمك وفى هذه الحالة فانه يمكن تقدير عمقه عن طريق تطبيق معدلات

الجريان المركز فى المجارى . كما قد يتحرك فى شكل مضطرب ، وفى هذه الحالة فانه يمكن تقدير عمقه عن طريق المعادلة التالية:

$$V = \frac{1}{n} D^{0.67} S^{0.50}$$

حيث أن:

متوسط العمق بالمتر	V = The mean velocity (m/sc.)
متوسط السرعة م/ث	D = The mean depth (m)
معامل المقاومة لسانتج	n = The Manning Resistance Coefficient.
معدل الانحدار م/م	S = The slope gradient (m/m)

وكما لاحظنا من قبل فان الانسياب قد لا يتحرك فى شكل غطــاء، بل قد يتحرك على شكل أقرب إلى الخطوط غير المركـــزة التـــى تـــترنح جانبيا، وقد يكون كذلك فى جزء منه، وفى جزئه الآخر على شكل غطـاء، ويعتمد ذلك على التغـيرات الطبوغرافيـة السـطحية الدقيقـة Micro-topography وعلى ذلك تختلف سرعة الانسياب بيـــن جــزء وآخــر، وتتراوح بين ١٠-٥٠٠ م/ساعة. وهذا يعنى أن انتقاله مـــن قمـــة أحـــد السفوح والذى يصل طوله مائة متر حتى وصوله إلى مجـرى وهـو مـا يعرف بوقت التباطؤ أو التـأخير Lag-time يسـتغرق بيـن ٢ر٠-١٠ ساعات. كما قد يتراوح بين ٣ر٠-١٥ سم/ث ويصـل تبعـا لذلـك إلـى المجارى خلال عدة دقائق.

وفى دراسة على بعض أحواض التصريف فى صحـراء أريزونـا ومناطق أخرى مجاورة، تراوح الوقت بين ٧-٤٦ دقيقة حتى وصلت مياه الانسياب إلى المجارى وتجمعت داخل هذه المجارى، وقد توقف ذلك علـى

عدد من العوامل أهمها السطح والخصائص الأخرى المختلفة لحوض التصريف.

لا تؤثر درجة غزارة المطر على عملية الانسياب، فمع وجود فائض بعد التشبع وامتلاء المنخفضات فان الانسياب يرتفع بسرعة فى شكل قمة حادة يتبعها انحدار سريع بعد دقيقة واحدة من انتهاء المطر. وعندما تتوقف الأمطار الغزيرة بشكل فجائى بعد تكون الانسياب، فان ذلك يسبب تراجعا سريعا فى المياه المتراكمة على السطح نتيجة صرفها إلى الأجزاء الدنيا من السفح وعدم تواصل تغذيتها.

كما يلاحظ أن عملية التسرب لا تتوقف تماما وإنما تنخفض وتصبح شبه ثابتة كما سبق الذكر. ويختلف المعدل الثابت بين جزء وآخر على طول السطح الواحد كما يختلف بين مكان وآخر داخل الحوض. ويوضح الشكل (رقم ٨ أ و ب) العلاقة بين الانسياب والخزن السطحى، مع غزارة الأمطار، وطاقة التسرب، لإحدى العواصف المطيرة، المتغايرة فى درجة الغزارة.

ونظرا للاختلافات فى العوامل المؤثرة على وجود الانسياب فانه لا يتم على مستوى الحوض فى وقت واحد، أو المنطقة المعرضة للمطر، وكلما زادت المساحة زاد التغاير والاختلاف، كما يختلف أيضا بين العاصفة والأخرى، طبقا للمساحة التى تغطيها، ودرجة الغزارة فى كل منها، والعوامل المؤثرة على عملية التسرب.

ويوضح (جدول رقم ٣) العلاقة بين الانسياب وكمية المطر الساقطة، من خلال معامل الجريان وهو يمثل (حجم الجريان مقسوما على حجم الأمطار) ويمثل الحد الأدنى للنتائج صفر والحد الأعلى (١).

جدول رقم (٣) معامل الجريان فى بعض المناطق الصحراوية

م	المكان	مساحة الحوض كم٢	النبات الطبيعى	التربة	معامل الجريان	المصدر
١	صحراء النقب	٠,٠٠٠٠٤	عارى	حصى	٠,٠٠٢ – ٠,١٥	Yair and Klien 1973
٢	صحراء النقب	٠,١١	عشب	حصى- رمل	صفر – ٠,٨٨	Schick 1970
3	صحراء النقب	٠,٥٨	عشب	حصى رمل	صفر –٢٥	"" "" ""
٤	صحراء النقب	٠,٠٠٠٠٨	عارى	-	٠,١٤– ٠,٢٧	Yair and Klein 1973

المصدر : Dunne , 1978, p 235.

وإلى جانب العوامل السابقة التى تؤثر فى عملية الانسياب، هناك بعض الظروف الأخرى التى قد تؤثر على عملية الانسياب فى الصحراء رغم بساطتها، نذكر منها على سبيل المثال الطرق الترابية والمدقات، وأماكن حركة السيارات، أو الأراضى الزراعية حيث تعتبر من الأماكن التى يتوالد عليها الانسياب أسرع من الأجزاء المجاورة.

وفى المقابل فان المسطحات الرملية لا تساعد على حدوث انسياب سطحى إلا على نطاق محدود، وقد يحدث فى هذه المناطق وخاصة فى الأماكن بين الكثبان الرملية أو المنخفضات الرملية فائض من المطر وقد يتحرك لمسافة صغيرة تبعا للظروف، إلا أنه فى أغلب الأحيان لا يكون بالقدر الكافى لإحداث عملية انسياب أو جريان منتظم.

٢- الجريان المركز:

ويقصد به دخول الانسياب السطحى السابق فى مجارى محـــددة ، تكون غالبا من الرتبة الأولى أو من الرتب الأخرى. وفى هذه الحالة يكون الجريان محددا ومركزا فى قنوات. وتبدأ هذه الجـــداول فـــى نقلـــه إلـــى الجداول الأكبر، ثم الأودية والروافد المختلفة، حتى يصـــل إلـــى الـــوادى الرئيسى. ومع عملية التجمع للمياه من الأودية الصغـــيرة إلـــى الأوديـــة الأكبر تزداد وتتدفق بكميات وبسرعات عالية. وفى بعض الأحيان وتبعـــا للظروف المختلفة فان عملية الجريان قد تتركز فى الأجزاء العليا فقط مـــن حوض الوادى، ويتوقف ذلك على الظروف السابق إيضاحها ومن أهمـــها درجة غزارة المطر، حيث لا تكون كافية فى أحـــوال كثـــيرة لأن تصنـــع جريانا يصل إلى الأجزاء الدنيا من حوض التصريف، أو ربما يرجع إلـــى موقع العاصفة المطيرة فوق هذه الأجزاء دون بقية الحوض أو تحركـــها فى اتجاه معين، كما قد يضيع الجريان فى التسرب فـــى حالـــة مقابلتـــه لأجزاء تغطيها رواسب رملية أو فى بطون الأودية الواسعة

وعلى سبيل المثال فى دراسة على أحد أحواض التصرف الصغيرة بجنوب صحراء النقب وجد أن معدل التسرب فى الوادى الرئيسى يـــتراوح بين ٢ر٠–٥ر٠ مم/دقيقة ، مما يعنى أن كل مرات المطر التـــى تقـــل أو تصل كثافتها إلى هذه الحدود سوف ينحصر جريانها فى الأجـــزاء العليـــا فقط، دون باقى الحوض، وفى حالة وصولها إلى الوادى الرئيســـى فانـــها سوف تتعرض للتسرب والضياع.

وعلى العكس فانه فى حالة توافق الظروف، مـــن حيـــث وجـــود عواصف مطيرة غزيرة وطويلة الأجل، وتغطى سطح أحد الأحواض التـــى تتميز بالارتفاع، والتقطع وشدة الانحدار والكثافة العالية للمجارى والشـــكل

المستدير، فى هذه الحالة سوف يكون الجريان قويا وسريعا ومخربا فـــى نفس الوقت لمظاهر العمران البشرى.

وقد توافرت بعض هذه الظروف فى أحواض التصريف بصحـــراء نيفادا (مساحته ٥٩ كم٢) الواقع جنوب شرقى مدينة لاس فيجاس وكـــان ذلك فى عام ١٩٧٤م عندما غطـــت إحـــدى العواصـــف معظـــم حـــوض التصريف وبدرجة غزارة عالية وصلت إلى ما يزيد عن ٧٥ مم. ولمـــدة تزيد على ساعة كاملة، وكان اتجاه هذه العاصفة ناحية المصب وقـــد أدت هذه الظروف إلى حدوث جريان قوى امتلأت به الروافـــد، وســـرعان مـــا وصل إلى الوادى الرئيسى. ويصف المؤلـــف هـــول المنظـــر عندمـــا رآه بقوله: "اعتقدت لأول وهلة عندما رأيت مقدمة المياه تتحرك صوبـــى فـــى الوادى الرئيسى، أن الجبال قد تحركت، وأن الدهشة قد عقـــدت لســـانى، ومنعتنى من الحركة لفترة ثوان معدودة، بعدها تيقنت أن حائطا من الميـــاه يتحرك بسرعة وبارتفاع يتراوح بين ٢٠-٢٥ قدما ويجرف أمامه عـــددا من السيارات والبلدورزات ، وسرعان ما دمـــرت الميـــاه الاســـتراحات، وأماكن المعيشة فى المنطقة".

ويصل مجموع ما استطاع أن يجرفه السيل فى هذه النقطة ما يقـــرب من ٧٠ ألف متر مكعب من المبانى. وقد استمر هذه السيل لفترة حوالـــى ١ ١/٢ ساعة، وبسرعة حوالى ٤ كم/ساعة. والأمثلـــة عديـــدة وكثـــيرة ومؤثرة، ولكن لا يتسع المجال هنا لسردها.

وتتميز السيول فى الصحارى بعدد من الخصائص التى تميزها عن الجريان فى المناطق الأخرى، لعل أهمها السرعات العالية حتى فى حالـــة السيول الضعيفة القليلة العمق، وما يدل على ذلك كفاءتها فى نقل كميـــات كبيرة من الرواسب من جميع الأحجام، حتى أنها تشتمل علـــى الجلاميـــد

الكبيرة الأحجام فى أغلب الأحيان. ويوضح ذلك وصف ريك Riek لحركة المواد فى أحد السيول التى جرت قرب بحيرة جورج بجنوب شرق استراليا، حيث بدأ الجريان فى الروافد على شكل مياه صافية، تحرك أمامها كميات من الحصى الذى يغطى بطون الأودية وبعد فترة كان قطر المواد المتحركة يصل إلى حوالى ٦٠ سم، وأعقب ذلك مياه عكرة تحمل كميات كبيرة من الرواسب الناعمة، وقد حدث هذا التغير خلال الجزء الأول من العاصفة، وكنتيجة لعملية التشبع فى السفوح المجاورة فقد بدأت حركات الانزلاق، والتى كانت تتركز بصفة أساسية فى الأجزاء التى قوضها الجريان من جوانب الوادى، مما أدى إلى زيادة العكارة والاضطراب Turbidity.

وفى منطقة عبد الله بشمال الجزائر كان متوسط السرعة لأحد السيول ٣ م/ث ارتفعت أثناء فترة القمة إلى ما بين ٥ر٥-٧ م/ث. وفى وادى وتير بشرق سيناء تراوحت السرعة بين ٧ر٢-٥ر٥ م/ث فى أحد السيول التى جرت فى أكتوبر ١٩٨٧ وحوالى ٢٢ م/ث فى سيل إبريل ١٩٨٨ (تبعا لقياسات وتقديرات مجلس مدينة نويبع).

وفى وادى اليابس بالأردن كان معدل سرعة الجريان حوالى ٢ر٢ م/ث. ومما يدل على سرعة الجريان قدرة المياه على تحريك كتل وجلاميد قطرها يصل إلى ضعف عمق المياه الجارية.

ومن الخصائص التى تميز جريان السيول كذلك قصر مدة بقائها حتى أنها توصف بالومضية Flashy. نظرا لأنها لا تستمر إلا فترة زمنية قصيرة قد تصل إلى عدة ساعات أو ربما يوم واحد فى أغلب الأحيان.

فكما ورد فى مثال نيفادا السابق ذكره استمر الجريان حوالى الساعة ونصف الساعة. وفى مثال وادى وتير بسيناء -السابق كذلك،

استمر حوالى عشر ساعات منذ توالده فى الروافد العليا وحتـــى وصولـــه إلى خليج العقبة (فى سيل عام ١٩٨٧).

وفى العادة تتراوح الفترة الزمنية بين ١-٥ ساعات فقط.

كما تعتبر القمة الحادة للجريان من الخصائص المميزة للسيول فى الصحارى. وتظهر هذه القمة واضحة فى الارتفاع الحاد للشـــكل البيـــانى الذى يبين مسيرة الجريان (المنحنى الزمنى للتصريف). وخلال هذه القمـــة يتميز الجريان بكبر كمية التصريف، وبزيادة كبيرة كذلك فى السرعة التـــى يتحرك بها، وتمثل هذه الفترة أخطر فترات الجريان وأكثرها قـــوة. وقـــد تظهر خلال الجريان الواحد أكثر من قمة واحـــدة، إذا مـــا امتـــدت فـــترة الجريان طويلة نسبيا وكانت الأمطار تسقط فى شكل متقطع، كما قد يكـــون ذلك راجعا إلى شكل الوادى إذا كان أقرب للاستطالة، أو يرجع إلى اتجـــاه العاصفة بالنسبة لتوجيه حوض التصريف.

ويختلف طول مدة قمة الجريان بين واد وآخـــر تبعـــا للظـــروف المختلفة، كما تزيد كمية الجريان بدرجة كبـــيرة عـــن بـــاقى التصريـــف، ويختلف كذلك توقيت وجود هذه القمة وان كـــانت غالبـــا أقـــرب لبدايـــة الجريان.

وتتراوح مدة القمة فى أغلب الأحوال بين ١٠-٣٠ دقيقة .

أما بالنسبة لكمية التصريف خلال هذه الفترة فقد وصلت فـــى منطقـــة عبد الله بالجزائر -المثال الوارد سابقا- إلـــى مـــا بيـــن ٤٠٠٠-٥٠٠٠ م^3/ث وفى بنى عباس على نفس الوادى فى اتجاه مهبط الوادى (بعد عبـــد الله بحوالى ٢٠٠ كم)، كانت الكمية المنصرفة حوالى ١٠٠٠ م^3/ث. وهذا يوضح التناقص الواقع فى الكمية مع الاتجاه ناحية المصب. وفى أوديـــة

بيش ورابغ (فى سفارة دفاليج) بالمملكة العربية السعودية تراوحت الكمية بين ١٠٠-٢١٠٠ م٣/ث، ٢٠٠-١٨٠٠ م٣/ث على التوالى. وفى أحد الأودية بتكساس فى الولايات المتحدة الأمريكية كانت الكمية ٤٧٥ م٣/ث، وفى شرق صحراء سونورا كانت ٤١٠٫٥ م٣/ث، وفى مثال استراليا السابق وصلت كمية الجريان أثناء فترة القمة إلى ١٢٠٠ م/ث.

كما تتميز القمة بزيادة كبيرة فى سرعة الجريان ، حيث وصلت إلى ما يقرب من ١٠ م/ث فى منطقة طابا بسيناء.

وجدير بالذكر أن هذه السرعات والكميات الكبيرة ، وكما هو الحال فى الجريان ككل، كثيرا ما تتعرض للانخفاض نتيجة للتسرب مع الاتجاه والتحرك ناحية المصب، مع زيادة اتساع الوادى وزيادة سمك الرواسب.

وتزداد هذه الفواقد فى حالة الأودية الواسعة والطويلة، والتى تغطى قيعانها رواسب خشنة -كما سبق الذكر- مما يزيد من فواقد المنقولية Transmission Losses.

ومما لا شك فيه أن هذه العملية تؤدى إلى التغاير الواضح زمانيا مكانيا فى الجريان، كما تمثل السبب الرئيسى فى انخفاض كمية وسرعة الجريان فى اتجاه المصب، كما تبدأ الفواقد وتزداد بدرجة كبيرة خلال المراحل الأولى للجريان، ثم تبدأ فى التناقص فيما بعد.

وقد تصل كمية الفواقد إلى مرحلة حدية، مما يترتب عليه ضياع وفقد الجريان فى الرواسب، فعلى سبيل المثال فى جنوب صحراء النقب لم تستطع أربع مرات جريان من سبع مرات الوصول إلى المصب، حيث ضاعت أثناء انتقالها خلال الوادى الرئيسى.

وفى شرق صحراء سونورا تراوحت كمية الفواقد بين ٨٠-٨٣%
من حجم الجريان فى المنطقة.

بالإضافـة إلـى الخصـائص السـابقة فـان خاصيـة التكـرار Frequency وعدم انتظامه، تعتبر من الخصائص المميزة للجريان فـى الصحارى. وسوف يتم التعرض لهذه الخاصية خلال مناقشـة موضـوع إمكانية توقع الجريان فى الجزء التالى .

ثالثا - توقع الجريان:

الحقيقة أن عملية توقع الجريان السيلى فى الصحارى من أجل تفادى أخطاره أو استغلاله، تواجه بصعوبة بالغة، تنبع أساسا من عدة جوانب هى كالتالى:

١- الجانب الأول يرجع إلى أن عملية الجريان -وكما رأينا فى الجزء السابق- يتحكم فيها عدد من العوامل التى كثيرا ما تتداخل، وتؤثر على بعضها وبطريقة يصعب معها الفصل بينها.

٢- الجانب الثانى يتمثل فى قلة وأحيانا ندرة البيانات اللازمة والضرورية لعملية التوقع، وخاصة بيانات تسجيلات المطر، وقياسات الجريان، بالإضافة إلى النقص الواضح فى وفرة الخرائط والصور الجوية لاجزاء واسعة من الصحارى، وبالتالى ما يترتب على ذلك، ونتيجة لظروف أخرى، من نقص كبير فى دراسة أحواض التصريف، بالإضافة إلى غياب الجانب الجيومورفولوجى فى العديد من الدراسات القائمة، والتى تمت من قبل مما يعطى نتائج قاصرة .

٣- الجانب الثالث ويتمثل فى القصور الواضح فى الأساليب الهيدرولوجية التى يمكن أن تعالج هذا الجانب رغم ذلك التقدم الواضح فى الدراسات العلمية والهيدرولوجية، وبصفة خاصة خلال العقدين الأخيرين. وذلك رغم الحاجة الملحة والضرورية لمثل هذه المعالجة، والتى تفرضها ظروف ضرورة استغلال هذه الصحارى والامتداد العمرانى فيها.

ويمثل الجزء التالى محاولة لاستعراض ومناقشة بعض الأساليب العلمية، التى يمكن استخدامها فى عملية التوقع. والأمل معقود على أن تتاح بعض الأساليب التى يمكن استخدامها باطمئنان فى هذا الجانب فى المستقبل القريب.

وبشكل عام يلخص كوك (Cooke et al, 1985 p 238) عن تجربة واضحة وخبرة طويلة فى الدراسات الصحراوية، أهم الأساليب التى يمكن إتباعها فى إمكانية توقع الجريان السيلى فى الصحارى كما يلى:

١ - فى حالة توافر بيانات كاملة عن جميع الجوانب الهيدرولوجية فانه يمكن استخدام ما يعرف بنماذج محاكاة الكمبيوتر (الحاسب الآلى) .The Computer Simulation Modles

٢ - فى حالة توافر بيانات لفترات طويلة، ولكنها غير كافية لاستخدام النماذج، فانه يمكن استخدام بعض أساليب التقنية الهيدرولوجية مثل:

- تحليل المنحنيات المتحدة المحور **Co-axial Correlation**
- تحليل منحنى الوحدة الزمنى للتصرف **Unit-Hydrographic**

وفى حالة عدم توافر بيانات لاستخدام أساليب التقنية الهيدرولوجية، فانه يمكن استخدام بعض المعادلات الرياضية، فى عملية التوقع، والتى يمكن فيها استخدام بعض الجوانب المورفومترية والجيومورفولوجية مثل مساحة الحوض، أو الخصائص الهندسية للمجرى **Channel Geometry**. كما يمكن استخدام دلالة الرواسب وخاصة

احجامها. بالإضافة إلى الآثار الجيومورفولوجية الناتجة عن عمليات الجريان.

وفيما يلى محاولة لإيضاح إمكانية وكيفية تطبيق هذه الأساليب:

(أ) استخدام نماذج المحاكاة:

والنموذج باختصار عبارة عن استخدام طريقة رياضية، أو أكثر، لقياس متغير طبيعى أو أكثر، وتوقع سلوكه المستقبلى. ويعتبر تطبيق هذا الأسلوب فى عملية توقع الجريان فى الصحارى وكما هو الحال فى الجهات الأخرى، يعتبر أفضل الأساليب المتاحة حتى الوقت الحاضر وأكثرها دقة، إلا أن صعوبة استخدامه وتطبيقه تأتى من حاجته لبيانات كاملة من جميع الجوانب وهو ما لم يتوافر فى معظم أجزاء الصحارى خاصة فى الأحواض الكبيرة المساحة.

وللتحايل على هذا النقص فانه يمكن تطبيقه على بعض الأحواض الصغيرة ، أو بعض الروافد التى تتوافر عنها بيانات ،أو التى يمكن إجراء بعض القياسات عليها بسهولة ،وفى مدة قصيرة لتوفير البيانات اللازمة للتطبيق. كما يمكن بشىء من الحرص، استخدام البيانات المتوافرة لبعض الأحواض المجاورة مع شرط توافر عنصر التجانس. وهذا ما يقره بعض المتخصصين.

وتتعدد النماذج وتتنوع تبعا للغرض الذى توضع من اجله. ومدى محاكاتها للواقع والمنهج المتبع، كما تتغاير طبقا للمدخلات والمعايير الرياضية المستخدمة، بالإضافة إلى جهاز الحاسب الآلى المستخدم، وحتى يمكن الحصول على نتائج دقيقة وواقعية فانه من الضرورى استخدام البرامج المناسبة .

وبخصوص الجريان فهناك من النماذج ما يعالج عملية الانسياب السطحى Overland Flow. ومنها ما يهتم بعملية الجريان فى المجارى (الجريان المركز) Flow in a stream channel، كما أن هناك ما يطبق على أحواض التصريف Drainage Basin.

وتعتمد فكرة النماذج على إعداد بيانات كاملة عن جميع الجوانب التى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار مثل الأمطار (وخصائصها المختلفة) والفواقد وعمليات الجريان المتاحة، والتى تم رصدها وقياسها للمنطقة موضع الدراسة. ثم استخدام المعادلات الرياضية الهيدرولوجية المناسبة لمعالجة هذه الجوانب عن طريق برنامج حاسب آلى يلم بهذه المتغيرات، ومن خلال هذه المعالجة يتم استنتاج التوقعات المطلوبة والنتائج المرغوب فيها. وبصيغة اخرى فانه يمكن القول أن هناك أربعة خطوات يتم عملها فى استخدام أسلوب النموذج هى كالتالى:

١- يتم فحص المشكلة الطبيعية فحصا كاملا.
٢- تستبدل المشكلة الطبيعية بمشكلة رياضية، أى بما يقابلها من الناحية الرياضية، أو بمعنى آخر تحول الجوانب الطبيعية التى تمثل عناصر المشكلة إلى جوانب رياضية ليمكن التعامل معها.
٣- يتم حل المشكلة الرياضية باستخدام الأساليب والطرق الرياضية المقبولة.
٤- تفسر النتائج الرياضية فى شكل حل للمشكلة الطبيعية.

واستخدام النماذج يخضع لمعايير ومقاييس معينة كما أنه يقوم على أساس مناهج هيدرولوجية محددة. ولما كان استعراض طبيعة

النماذج وكيفية استخدامها تعتبر خارج نطاق هذه الدراسة، فانـــه يمكـــن الرجوع إلى دراسات:

a- Beston, R.P. and Ardis, C.V., (1978) pp 314-320.
b- Freeze,R.A. (1978) pp. 177-223.

وكلاهما موجود فى: Kirkby, 1978 (فى قائمة المصـــادر). والأول يعطى فكرة عن كيفية استخدام النماذج فى أحواض التصريـــف، والثـــانى يناقش كيفية استخدام هذه النماذج فى عمليات الانسياب السطحى.

وجدير بالذكر أن هناك بعض الدراسات التى تم تطبيق واســـتخدام النماذج فيها فى مناطق صحراوية، ومن أهم هذه الدراســـات تلـــك التـــى أجريت فى منطقة سد بوكر بفلسطين (Yair and Lavee, 1985, pp. 209-16) . ولمزيد من الإيضاح والتعرف على استخدام النماذج فـــى عمليـــة توقع الجريان فانه يمكن إعطاء فكرة ملخصة عن هذا النموذج والذى كان يهدف أساسا إلى توقع الجريـــان فـــى المنطقـــة والمنـــاطق المجـــاورة والمشابهة. ويختص بعملية توالد الانسياب فى هذه المنطقـــة الجافـــة، أو بمعنى آخر يجيب على سؤال متى يبدأ توالـــد الانســـياب الســـطحى فـــى المنطقة، تحت الظروف الطبيعية المعطاة؟.

وقد كان موقع التطبيق والتجريب لهذه الدراسة عبارة عن أحد السفوح الذى يتكون بصفة أساسية من الحجر الجيرى. وقد اتبع هذا النموذج المنهج الهورتونى Hortonian Approach الخاص بالانسياب السطحى، والذى يقوم على أساس أن عمق المياه فى وقت معين وفى نقطة معينة يمكن الحصول عليه باستخدام المعادلة التالية:

$$D = (P + Runin) - (I + E + Runout)$$

حيث أن:

عمق المياه D = Water depth

الأمطار المباشرة P = The direct rainfall

Run-in =runoff contribution from the slope above the point of measurement.

كمية الجريان التي يساهم بها السفح فوق نقطة القياس.

معدل التسرب I = the infiltration rate

معدل التبخر E = the evaporation rate

الجريان الخارج (من هذه النقطة). Runout = runoff outflow

ونظرا للتغاير المكانى بالنسبة للجوانب والمتغيرات المختلفة على طول السفح، فقد تم تقسيم هذا السفح إلى جزأين: كل منهما يعتبر متجانسا داخليا فى هذه المتغيرات، وهى عبارة عن الأمطار والقدرة التسريبية والرطوبة السالفة، وبطبيعة الحال لم يكن العرض متساويا فى كلا الجزئين، وقد تم تحديد الخصائص الثابتة فى كليهما والتغاير فى الانسياب تبعا لذلك. كما أخذ التغاير الزمانى للمطر خلال العاصفة فى الاعتبار.

وقد أدخلت المتغيرات التالية إلى الحاسب الآلى:

١- درجة غزارة المطر (مم/دقيقة-١) rainfall Intensity mm/min

وقد أدخلت درجة غزارة المطر فوق السطح خلال العاصفة من حيث تغايرها الوقتى والمكانى، فى كلا جزئى السفح المشار إليهما. وقد تم رصد المطر من خلال ١٩ مقياس.

٢- معدل التسرب (مم/دقيقة -١)

وقد استخدمت فيه الأمطار الصناعية التى تماثل الأمطـــار الطبيعيـــة تماما. وقد تم قياس التسرب فى منطقتين مختلفتين فى خصائصـــهما، وكانت المنطقة الأولى عبـــارة عـــن ســـطح عـــار تمامـــا -Bare bedrock والأخرى يغطى السطح فيها بمفتتات.

وقد تم القياس تحت ظروف الجفاف والرطوبة، وتحت درجة غزارة مطـــر ٢٦ مم/ساعة . ويستمر ذلك حتى يصل المعدل إلى أدنـــى حـــد لـــه (القيمة الثابتة)، ومن خلال النتائج أمكن رسم منحنيات للتسرب فـــى كلا الجزئيين ، ووضعت خريطة تفصيلية لكليـــهما توضـــح التغـــاير الدقيق فى التسرب تبعا للدراسة.

٣- معدل التبخر (مم/دقيقة -١) Evaporation Rate mm/min

وقد أمكن رصد التبخر عن طريق استخدام اثنين من أحواض التبخـــو Evaporation Pans ، أحدهما وضع عند قاع السفح، والآخـــر وضع فى الوسط تقريبا .

وقد أوضحت هـــذه الدراســـة أن التبخـــر الممكـــن Potential Evaporation خلال العاصفة وحيث تقل الحرارة، وحيث تتغطـــى المنطقة بالسحب، ليس له تأثير على علاقة الأمطار بالجريان وعلـــى ذلك فان التبخر الممكن لم يدخل النموذج.

٤- رطوبة التربة Soil Moisture

نظرا لأهمية الرطوبة السالفة للتربة على توالد الجريان، فقـــد تـــم قياس الرطوبة فى أماكن مختلفة على طول السفح عن طريق عينـــات من التربة فى كل مرة مطر تزيد عن ٢ مم. وقد تم إعـــادة القيـــاس فى نفس المواقع على فترات ٧، ١٤، ٣٠ يوما بعد العاصفة ،وقـــد كانت هذه العينات على عمق ٣ سم من سطح التربة، نظـــرا لأنـــها

تمثل الطبقة الأكثر تأثيرا على توالد الجريان، والأكثر تأثيرا فى حالة الأمطار القصيرة الأجل. وقد أمكن من خلال البيانات التى تم تجميعها ،عمل منحنيات لرطوبة التربة، كما تم عمل حساب التغاير فى الرطوبة خلال العاصفة طبقا للمياه المتسربة.

وقد تم مقارنة النموذج مع الأشكال البيانية الحقيقية والتشبيهية للجريان، والتى أمكن الحصول عليها من إحدى عشر عاصفة (تبعا للقياسات التجريبية والعملية التى أجريت فى هذه المنطقة)، بالإضافة إلى التحليل الإحصائى لكل من كميات الانسياب لنفس العاصفة .

وبعد المعالجة الرياضية للبيانات السابقة عن طرق المعادلة أو النموذج الهورتونى باستخدام برامج الحاسب الآلى الخاص بتوالد الانسياب والوارد فى بداية الدراسة. كانت النتائج كما يلخصها الجدول التالى جدول رقم (٤).

جدول رقم (٤) تأثير خصائص المطر وطول السفح على توالد الانسياب تبعا للنموذج

درجة غزارة المطر	٣مم/ساعة	٦مم/ساعة	٩مم/ساعة	١٢مم/ساعة
طول فترة لبقاء بالدقائق	١٥-٣٠-٤٥-٦٠	١٥-٣٠-٤٥-٦٠	١٥-٣٠-٤٥-٦٠	١٥-٣٠-٤٥-٦٠
طول السفح				
١٥ متر	٠-٠-٠-	٠-٠-٠-٠,٦١	٠-٠-٦٨,٦-٢٤٧,٩	٠-١١٠,٥-١٤٠٢,١-٢٣٧٢,٤
٣٠ متر	٠-٠-٠-	٠-٠-٠-٠,٦١	٠-٠-١١,٤-٤٦٩,٢	٠-١٠١,٢-٦١٠,٢-١٢٤٢,٣
٤٥ متر	٠-٠-٠-	٠-٠-٠-٠,٦١	٠-٠- ١٣٢,٢-٦٦٤,١	٠-١١٠,٥-٨٦٤,٦-١٨١٨,٦

٦٠ متر	-٠-٠-٠-٠	٠,٦١-٠-٠-٠	-١٣٦,٧-٠-٠ ٨٣٣,٠	-١٠٨٥,٩-١١٠,٥-٠ ٢٣٦٦,٢
٧٥ متر	-٠-٠-٠-٠	٠,٦١-٠-٠-٠	-١٣٦,٧-٠-٠ ٩٧٦,٠٦٣٩٥٨ ١*٢	- ١٢٧٤,٨- ١١٠,٥-٠ ٢٨٨٣,٦
٩٠ متر	-٠-٠-٠-٠	٠,٦١-٠-٠-٠	١٣٦,٧ -٠-٠ ١٠٩٣,٧-	- ١٤٠٢,١- ١١٠,٥-٠ ٣٣٧٢,٤

(ب) الأساليب الهيدرولوجية:

١- تحليل التكرار Frequency Analysis

رغم أن اختلاف وعدم انتظام الجريان خلال الفترات المختلفة يعتبر من الصفات المميزة للجريان في المناطق الصحراوية، إلا أن استخدام التكرار، ونسبة احتمال الوقوع من المؤشرات الهامة التى يمكن أن تعطى سبيلا لتوقع الجريان.

ويمكن ذلك عن طريق عمل منحنيات تكرارية صاعدة لكميات التصريف مع مرات الجريان.

Cumulative Frequency Curves discharge

وذلك مع حساب فترات الوقوع Recurrence Intervals

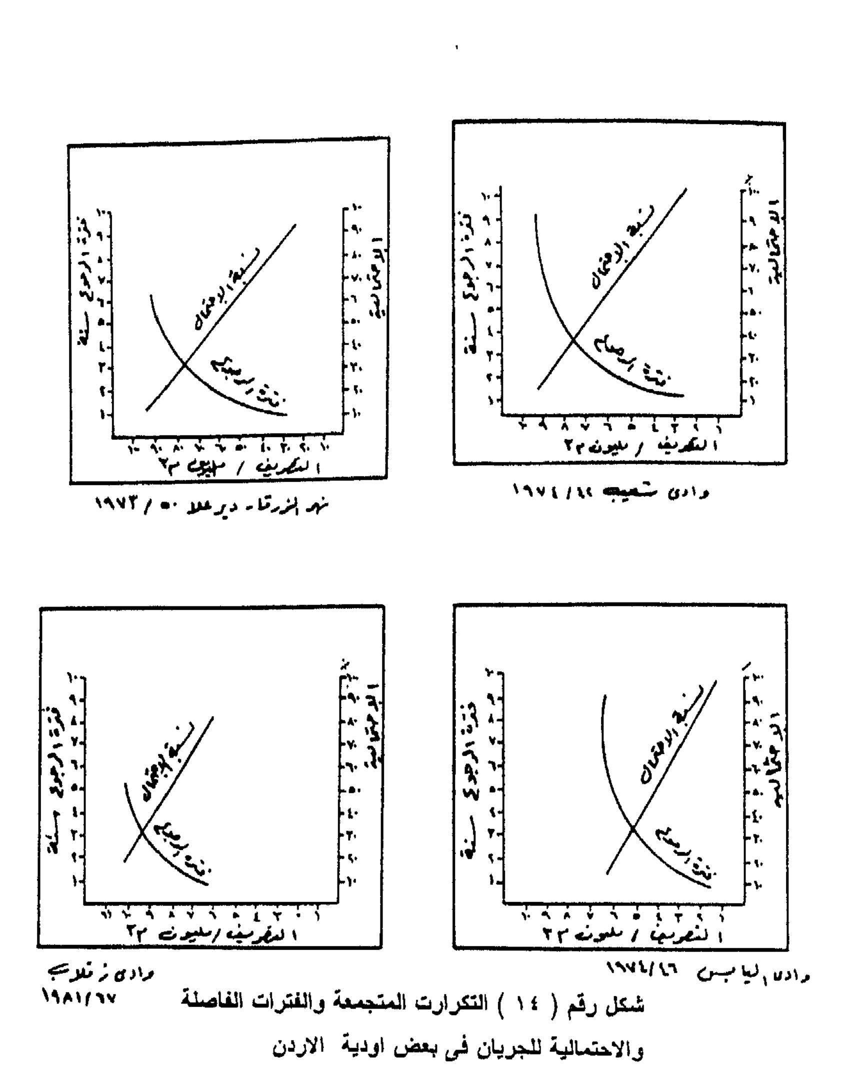
وترسم هذه المنحنيات بترتيب كميات التصريف المائى بشكل تصاعدى، وتحديد رتبة كل كمية تصريف (شكل رقم ١٧) وعلى ذلك يمكن تحديد أى كميات على المنحنى، واستبيان الفترات الفاصلة بين كل مرة وقوع وأخرى، وبالتالى توقع حدوثها كل فترة من الزمن، ومع مؤشر

الاحتمالية فانه يمكنه التعرف على درجة احتمال جريان هذه الكميات خلال الفترات الزمنية المقابلة.ويوضح (جدول رقم ٥) التكرارات المتجمعة

جدول رقم (٥) كميات التصريف وتكـرار الفـترات الزمنيـة الفاصلـة والاحتمالية فى بعض اودية الاردن .

الوادى	كمية الجريان مليون م٣	فترة التكرار بالسنة	الاحتمال
العرب	٢٠-١٨,٠٦	١,٠٩-١,٠٢	٠,٩١-٠,٩٨
١٩٧٥-٢٩	٢٨,٩١-٢٠,٧	١,٣٣-١,!٢	٠.٧٥-٠,٨٩
	٣٨,٢٧-٣٠,٧٢	٦,٦٦-١,٣٦	٠,١٥-٠,٧٣
	اكثر من ٤٠	٣٣.٣٣-٧,٦٩	٠,٠٣-٠,١٣
الزرقاء	٢٦,٤٢-١٠,١٧	١,١٩-١,٠٤	٠,٨٤-٠,٩٦
دير العلا	٣٣,٨٧-٣١	١,٣١-١,٢	٠.٧٦-٠,٩٠
١٩٧٤-٥٠	٤٧,٦٥-٤٤,٩٧	١,٥٦-١,٣٨	٠٦٤-٠,٧٢
	٥٧,٨-٥١,١٨	١,٧٨-١,٦٦	٠,٥٦-٠,٦٠
	٧٧,١٠-٦٠,٤٠	٣,٥٧-١,٩٢	٠,٢٨-٠,٥٣
	٨٨,٢٠-٨٠,٦٩	٦,٢٥-٤,١٦	٠,١٦-٠,٢٤
	اكثر من ١٠٠	٢٥-٨,٣٣	٠,٠٤-٠,١٢
زقلاب	صفر - ٩,٩٠	٦,٣٥-١,٠٨	٠,١٨-٠,٩٣
١٩٨١-٦٧	١٠,١٢- فأكثر	١٦,١٣-٨,٠	٠,٠٦-٠,١٢
اليابس	٤,٥-١,٢	٢,٨٥-١,٠٣	٠,٣٥-٠,٩٧
١٩٧٥-٤٦	٧,٢-٥,٠	٢٥,٠-٣,٢٢	٠,٠٤-٠,٣١
شعيب	٤,٨٦-٢,٦٦	١,٣٦-١,٠٢	٠,٧٣-٠,٩٨
١٩٧٤-٥٠	٩,١-٥,٠	٨,٣٣-١,٤٢	٠,١٢-٠,٧٠
	١٥,٤-١٠,٧	٣٣.٣٣-١١.١١	٠,٠٣-٠,٠٩
الولا	٩,٣٥-١,١٣	١,٨٨ -١,٠٥	٠,٥٣-٠,٩٥
١٩٨٣-٦٣	١٣,٩٦-١٣,٠٨	٢,٣٢- ٢,٠٨	٠,٤٣-٠,٤٨
	٨٠,٩٥-٢١,٦٣	٢٠,٠-٢,٥٦	٠.٠٥-٠,٣٩

الصاعدة مع الفترات الزمنية الفاصلة لبعض الأودية في الأردن مع توضيح درجة الاحتمالية وشكل رقم (١٤) كمثال:



شكل رقم (١٤) التكرارت المتجمعة والفترات الفاصلة
والاحتمالية للجريان في بعض اودية الاردن

ومن الواضح أن تكرار الكميات الصغيرة من الجريان يتـم خـلال فترات قصيرة، وتزيد هذه الفترات مع زيادة الكمية، حيث تصل إلى فترات طويلة أكثر من ١٠ سنوات، وأحيانا تزيد عن ٢٠، ٣٠ سنة، فـى حالـة الكميات الكبيرة جدا أو الشاذة. كما تقل نسبة الاحتمالية مع زيادة الكمية.

وتعتبر قمة الجريان ذات أهمية خاصـة فـى الجريـان السـيلى بالصحارى حيث تتصرف فيها كميات كبيرة من الجريان كمـا تزيـد بـها السرعة بدرجة واضحة. ولذلك فلابد من التركيز عليها بصفة خاصة فـى أى دراسة تقوم على الجريان وعملية توقعه. ويوضح الجـدول (رقـم ٦) تكرار كميات الجريان خلال فترات القمة والفترات الزمنية الفاصلة بينـها لبعض الأودية الصحراوية بالمملكة العربية السـعودية Water Atlas of Saudi Arabia 1984 p 39 كمثال كذلك على استخدام أسلوب التكرار فـى عملية التوقع والتى يجب أن لا تقتصر على متوسط الكمية فقط.

جدول رقم (٦) كميات الجريان خلال فترات القمة والفـترات الفاصلـة لبعض الاودية بالسعودية .

الوادى	الجريان م٣/ث	فترة التكرار بالسنة
وادى بيش	١٠٠-١٢٠	١,٠١-١.١
٧٠-١٩٨٢	١٢٠-٤٠٠	١.١-٢,٠
	٤٠٠-١٢٠٠	٢,٠-٥
	١٢٠٠-٢٠٠٠	٥-١٠
	اكثر من ٢٠٠٠	١٠-٢٠
وادى خولب	١٠٠-١٥٠	١,٠١-١.١
٧٠-١٩٨٢	١٥٠-٣٠٠	١.١-٢
	٣٠٠-٨٠٠	٢-٥
	٨٠٠-١٥٠٠	٥-١٠

	١٩٠٠-١٥٠٠	٢٠-١٠
وادى رابغ	٤٠٠-١٠	٢-١.١
١٩٨٢-٧٠	٨٥٠-٤٠٠	٥-٢
	١٣٠٠-٨٥٠	١٠-٥
	١٥٥٠-١٣٠٠	١٦-١٠
وادى حنابكة	-	١.١-١,٠١
١٩٨٢-٧٠	-	٢-١.١
	١٠٠-١٠	٥-٢
	٢٠٠-١٠٠	١٠-٥
	٢٥٠-٢٠٠	٢٠-١٠
وادى سفارة	-	١.١-١,٠١
دغاليج	١٥٠-١٠	٢-١.١
١٩٨٢-٧٠	٧٥٠-١٥٠	٥-٢
	١٥٠٠-٧٥٠	١٠-٥
	١٨٠٠ -١٥٠٠	٢٠-١٠

ويوضح الجدول كذلك أن تكرار المعادلات المنخفضة يتم بسرعة لقصر الفترات الفاصلة بينها، وتزيد هذه الفترات الفاصلة مع زيادة المعدل حتى تصل إلى ما بين ١٠-٢٠ سنة فى حالة القمم العالية جدا والشاذة.

ومن خلال هذه الجداول يمكن استنتاج وتوقع جريان أية كمية تصريف، وكذلك المعدل خلال فترة القمة لأى فترة زمنية. إلا أنه يجب ملاحظة ضرورة وجود تسجيلات مستمرة لعمليات الجريان، وكلما كانت هذه التسجيلات كاملة ولفترات طويلة كلما أعطى ذلك الفرصة للتعرف على سلوك الجريان فى الوادى ، وبالتالى كان التوقع أقرب للواقع.

ولما كانت السيول الكبيرة تمثل خطرا قويا على النشاط البشرى فانه يمكن توقعها عن طريق ربطها بكميات المطر الغزيرة الطويلة الأجل وتكرارها، وهو ما يعرف بأقصى كميات مطر محتملة (PMP) (عن

طريق ما تم تسجيله خلال فـــترات ســابقة) Probable maximum precipitation. خاصة وأنها غالبا ما تحدث فى شـكل دورات Cycles .وإذا ما عرفت خصائص هذه الدورات وكيفية تكرارها فانه يمكن توقـــع حدوث الجريان. وقد اعتمد على هذه الطريقة فى العديد من الدراسات) Ward 1975,p 291)وللمزيد من الدقة فى عملية التوقع فانه يمكن ربـــط المتوسط السنوى للجريان، ببعض الجوانب الأخرى، مثل مساحة حـــوض التصريف أو خصائصه المختلفة، بالإضافة للمتوسط الســـنوى للأمطـــار Osborn, 1976, p 146-47 .

وبشكل عام توضح معظم الدراسات السابقة أن عمليـــة الجريـــان يمكن أن تحدث كل عام، لكن بشكل منخفض، على حين تحـــدث الســـيول الكبيرة كل ٣ سنوات تقريبا فى المتوسط، بينما تقع القوية جدا منها مـــرة كل عشرة سنوات تقريبا (Cooke, et al 1985 p 243) .

٢- أساليب أخرى:

ومن أهمها تحليل المنحنى الزمنى للتصريف وهو يفيد فى التعرف بصفة خاصة على خصائص وطبيعة الجريان فى الوادى، كمـــا يمكـــن أن يعطى فكرة واضحة عن سرعة وصول مياه الجريان للمجارى، ويوضـــح شكل القمة، والجناحين فى الرسم البيانى طبيعة وقوة الجريان، كما يمكـــن من خلال الربط ببعض الجوانب المورفومترية لحوض التصريف اســـتنتاج بعض الخصائص الهيدروليكية المفيدة فى الدراسة (Ward , 1975 p. 258) .

أما بالنسبة للأشكال المتحدة المحور والتى ترسم فى أشكال بيانية توضح عدة جوانب فى وقت واحد فانها تعتبر مفيدة ولكنها تحتاج إلى بيانات كاملة وطويلة. وعلى ذلك لم يتم التعرض إليها فى هذا الجزء.

(جـ) فى حالة عدم توافر بيانات عن المنطقة:

هناك عدد من الأساليب التى يمكن استخدامها لتوقع الجريان يلخصها أوسبورن فى الشكل التالى (Osborn, 1976, p. 144) :

بعض الاساليب التى يمكن استخدامها فى عملية توقع الجريان

المدخلات	التحليل	الطريقة	الخرج
متوسط ادنى او الجريان السنوى مقدرا ٢-٣ مرات جريان.	متوسط٣ ن ______ = الجريان جريان٢ المنخفض	يمكن استخدام الجريان فى منطقة مجاورة	--
١-اطوال المجارى ١- مساحة الحوض ١-تضرس الحوض ١-جريان مناطق مجاورة	يتم ربط جريان المجاورة مع ابعاد الحوض السابقة	ربط الخارج فى المنطقة مع منطقة الدراسة نموذج لابعاد الحوض	
مساحة الحوض - متوسط الارتفاع - النبات الطبيعى - التساقط -	تحليل احصائى - الجريان تابع - مع الخارج - مستقل مع ابعاد -	استخدام الجريان فى المنطقة المجاورة للحوض (خطوط انحدار مبين عليها الدخل والخرج فى المنطقة)	

التربة -	الحوض -	
الحرارة -	او مناطق مجاورة -	
متغيرات اخرى -		
الجريان (فى المنطقة)		
بيانات حقلية	- عمليات طبيعية	- استخدام النماذج الرياضية
ومعادلات مع	- تشابه المكونات	- (على اساس المنهج
معاملات تجريبية	- الهيدرولوجية	- الحتمى)

بالإضافة إلى ذلك فهناك العديد من المعادلات الرياضية التى يمكن تطبيقها بسهولة فى الصحارى فى حالة عدم توافر بيانات كافية، وتستخدم فيها الجوانب المورفومترية الخاصة بأحواض التصريف، وشبكة التصريف أو الخصائص الأخرى، وهى بيانات يمكن الحصول عليها بسهولة من الخرائط والصور الجوية أو الدراسة الميدانية، وفيما يلى بعض المعادلات التى يمكن استخدامها فى هذا المجال:

١- عن لانسلى

$$Q = 99\ A^{015}$$

أو الجريان قدم^3/ث = ٩٩ مساحة حوض التصريف (بالأميال المربعة)

حيث أن:

كمية التصريف قدم^3/ث — Q = discharge in Ft^3/sec.

متوسط السرعة م/ث — A = Catchment area in Sq. miles.

أو

٢- عن (Hichock and Others, 1959, p.610)

$$(a)\quad TL = K_1 \quad [\,A0.3 / Sa\ _\text{-}Dd\,]$$

حيث أن:

- وقت التباطؤ — TL = lag time

- متوسط انحدار حوض التصريف — Sa = average slope of
- كثافة التصريف — Dd. = drainage density

K_1 = Coefficient dependent on units used

- معامل يعتمد على الوحدات المستخدمة (فى هذه الدراسة كان المعامل هو ١٠٦).

$$Q\ P/V = K_3 / TL \qquad (h)$$

حيث أن:

- معدل قمة الجريان — OP = Peak rate of runoff
- اجمالى حجم الجريان — V = Total volume or runoff

K_3 = Coefficient dependent on units used

- معامل يعتمد على الوحدات المستخدمة (فى هذه الدراسة كان المعامل هو ٥٤٥).

٣ -عن (Ward, 1975, p 286)

$$Q = C\ I\ A$$

- معدل الجريان — Q = the rate of runoff

C = runoff coefficient indicating the percentage of rainfall which appears as surface runoff

معامل الجريان الذى يوضح نسبة الأمطار التى تظهر فى الجريان السطحى

- غزارة الأمطار — I = the rainfall intensity
- مساحة الحوض — A = the area of the catchment

؛ عن (Osborn 1976, pp. 145-46)

$$Q = F (P, A, G, ...)$$

حيث أن:

- متوسط الجريان السنوى — Q = the mean annual flood
- المتوسط السنوى للأمطار — P = the average annual precipitation
- مساحة الحوض — A = the drainage area
- عامل جغرافى — C = a geographical factor

. وإلى جانب المعادلات السابقة فانه يمكن الاستدلال علـــى ســرعة الجريان من خلال استخدام وقياس أحجام الرواسب المنقولة عــن طريــق الجريان، وربطها بمعـــدلات الســرعة باســتخدام منحنــى هجتســتروم Hijuistrom Curve على سبيل المثال، والذى يوضــح العلاقــة بيــن أحجام الرواسب وسرعة الجريان خلال عمليتى النقل والارساب، وقد سبق تطبيق هذه الأسلوب على رواسب مدرجات وادى الاطفيحـــى بــالصحراء الشرقية بمصر.

كما يمكن الاستدلال على قـــوة الجريـــان وخصائصـــه المختلفـــة وسلوك التيار من خلال الآثار الجيومورفولوجية التى تنشأ عن الجريـــان

أو تكراره، وقد تم تطبيق هذا الأسلوب فى دراسة عن الآثار الناتجة عن جريان أحد السيول بوادى الاطفيحى.

أيضا يمكن مع دراسة الأمطار الوصول إلى كيفية حدوثها ويتطلب ذلك دراسة مستفيضة للكميات الكبيرة بصفة خاصة وعن طريق فحص خرائط الطقس أثناء سقوطها وقبلها بمدة قصيرة ٣ أو ٤ أيام. حتى يمكن التعرف على أسبابها وهل هى ناتجة عن جبهات هوائية مختلفة فى خصائصها أو أنها أدت إلى وجودها عواصف انقلابية. ومن هلال هذه الظروف وتكرارها فانه يمكن توقع الأمطار الغزيرة بالتالى حدوث جريان سيلى بمجرد توافر معلومات مشابهة على خرائط الطقس فى أى وقت.



رابعا - طرق تفادى أخطار الجريان:

نظرا للأخطار التى تنتج عن جريان السيول فى الصحارى، وما تقوم به من عمليات تخريب واسعة، فقد أصبح من الضرورى دراسة كيفية تفادى هذه الأخطار، خاصة مع وجود خطط تنمية عمرانية واستغلال لهذه المناطق.

وبصفة عامة فانه يمكن تقسيم طرق التفادى إلى: أساليب للوقاية، وطرق للإنذار، أما الأساليب الوقائية فالغرض منها إيجاد وتوفير عوامل حماية مسبقة لأوجه النشاط العمرانى لمنع وقوع هذه الكوارث ومن المفضل أن تتاح لتلك الطرق إمكانية استغلال مياه الجريان فى ذات الوقت، وبذلك يكون قد تحقق هدفان فى وقت واحد. على حين تقدم طرق الإنذار بعض الأساليب اللازمة والتى يبدأ عملها مع بدء عملية الجريان لتحذير سكان المناطق القريبة من جريان السيول أو مستخدمى الطرق من أجل تقليل الخسائر إلى حدها الأدنى.

(أ) طرق الوقاية:

١- إنشاء أشكال الاستغلال المختلفة والأرض بعيدا عن أماكن الخطر، ويكون ذلك على أساس دراسات علمية مسبقة.

٢- إنشاء السدود بأنواعها وأشكالها المختلفة على الأودية الرئيسية أو على الروافد وخاصة فى أماكن الخطورة التى تكشف عنها الدراسة فى هذه المناطق للوقاية واستغلال المياه.

٣- إنشاء القنوات الصناعية لنقل مياه الجريان من أماكن الخطورة إلى أماكن أخرى لا يتمثل بها خطر، أو إلى أماكن يمكن استغلال مياه الجريان فيها.

٤- عمليات التكسية باستخدام المواد المناسبة على جوانب الطرق أو الحواجز التى يجب توفيرها حول المناطق السكنية والمزارع والمنشآت.

٥- إنشاء الخرائط الجيومورفولوجية التى توضح أماكن الخطورة ،وأماكن الأمان والتى على أساسها يتم وضع أى خطة. وتحتاج هذه الأساليب قبل إنشائها وتحديد أنسبها للمنطقة إلى دراسات علمية دقيقة، كما يجب أن لا تقوم أى خطة للاستغلال والاستصلاح والعمران فى هذه المناطق دون أن تتضمن وتتناول هذه الدراسات.

وتحتاج هذه الدراسات لكى تتم بشكل علمى دقيق إلى عدد من الإمكانيات التى أصبح توفيرها ضرورة ملحة ويمكن إيجازها فيما يلى:

(أ) ضرورة توفير الخرائط والصور الجوية بمقاييسها المختلفة، والتى يمكن استخدامها فى إنشاء خرائط جيومورفولوجية تطبيقية، توضح أماكن الخطورة، وأفضل أماكن للاستغلال، وعلى أساسها يمكن وضع الأساليب والخطط الكفيلة بحماية المنشآت والأراضى والسكان من هذه الأخطار.

فضلا عن أنها تمثل مصدرا أساسيا لكثير من البيانات اللازمة للدراسات فى أحواض التصريف وشبكات المجارى، والبيانات اللازمة والضرورية لخطط الاستغلال والإنتاج فى هذه المناطق.

(ب) توفير تسجيلات الأرصاد الجوية وبصفة خاصة المتعلقة بالمطر، وكذلك توفير قياسات الجريان فى المناطق الصحراوية بصفة عامة والأماكن المقترح استغلالها بصفة خاصة.

(جـ) عمل الدراسات الميدانية اللازمة من أجل الحصول على بيانات علمية واقعية تفيد فى إنشاء الخرائط الجيومورفولوجية التطبيقية، واستكمال الدراسات على أحواض التصريف والمجارى.

ولقد بات من الواضح أن أى خطة لاستغلال أى جزء من الصحراء تسبقها دراسة جيومورفولوجية وهيدرولوجية لا يكتب لها النجاح، ويترتب عليها الكثير من المشاكل التى يصعب معالجتها فيما بعد. وهناك العديد من الأمثلة الحية التى أنشئت فيها مراكز عمرانية أو طرق أو استصلحت فيها أراضى زراعية وتعانى اليوم من مشاكل السيول والجريان، من جراء تجاهل الدور الذى يمكن أن تقوم به مثل هذه الدراسات. والأمثلة التى وردت فى المقدمة عن الآثار الناتجة عن جريان بعض السيول توضح ذلك.

ويجب أن تقدم هذه الدراسات معلومات كاملة عن أحواض الأودية وشبكات التصريف فيها وخصائص المجارى، ودراسات عن الأمطار وخصائصها، والفواقد المختلفة، وعمليات الجريان ونظامها وخصائصها، وتعتبر بيانات أساسية فى حالة بناء السدود وإقامة الحواجز، كما تقدم أنسب المواقع لتوقيعها، ويعتمد ذلك على الغرض أو الأغراض التى تنشأ من أجلها، هل هو لتوفير عامل الحماية (لمدينة أو قرية أو أماكن زراعية أو تعدين أو مشروعات سياحية أو أغراض أخرى). أو من أجل تجميع مياه الجريان واستغلالها فى منطقة معينة، أو من أجل تغذية الخزان الجوفى؛ وبالتالى هل يتم توقيعها على الوادى الرئيسى أو أن الأنسب

بناءها على أحد الروافد القوية، أو مجموعة منها ، أو إنشاء أكثر من سد في أماكن مختلفة. كما توضح وتقترح أفضل أنواع السدود المناسبة لهذه الظروف.

وتعطى هذه الدراسات فكرة عن أفضل الأماكن لشق وبناء المجارى الصناعية، ومكان توقيعها وتحديدها فى المجارى الفرعية أو المجرى الرئيسى ،والمكان الأنسب لاستغلاله فى شق هذه المجرى، وأماكن النحت والارساب، وما قد يتعرض له المجرى فى المستقبل من عمليات قد تؤثر عليه، وما يتصل به من مجارى، وسلوك وكمية الجريان فى هذه المجارى.

وتوضح الخرائط الجيومورفولوجية التطبيقية أماكن ودرجة ونوع الخطورة، وكذلك أماكن الأمان وما توفره من أشكال حماية، بالإضافة كيفية تحديد هذه الأخطار، وبالتالى تقدم أفضل الأماكن لتوقيع المشروعات أو عدم توقيعها فى هذه الأماكن الخطرة مثل مناطق المجارى ومصبات الأودية، وعدم وضع الطرق فى بطون الأودية، وفى حالة ضرورة ذلك توضح أنسب الأماكن لمرورها، مثل المناطق المحدبة، وأبعادها عن المناطق المقعرة للوادى، والذى تزيد عليه عمليات النحت والتعرية، وكذلك طرق حماية الطريق فى هذه الأجزاء، وفى حالة قطع الطريق لمجارى بعض الأودية وتعامده عليها، توضح أنسب الأساليب لكيفية تفادى هذه المجارى والاقتراحات عديدة فى هذا الشأن.

(ب) طرق الإنذار:

وقد أصبحت هذه الأساليب ضرورية خاصة فى أماكن التجمعات والطرق التى تتعرض لجريان السيول ومن أهم هذه الأساليب:

١ - استخدام شبكات الإنذار Flash-Flood Warning System للفيضانات الفجائية ويمكن أن تقوم على أساس ربط محطات رصد الأمطار والجريان فى مناطق المنابع بتليفونات أتوماتيكية أو أجهزة إشارات ضوئية أو أجراس، لتحذر السكان أو مستخدمى الطرق أو أماكن التجمعات المختلفة.

ويحتاج إنشاؤها إلى بيانات دقيقة، ودراسات كاملة عن أحواض وشبكات التصريف ، وكميات وخصائص الجريان، وكيفية توالده بالإضافة إلى الجوانب الأخرى.

٢ - يمكن استخدام عمليات الاستشعار من بعد Remote-Sensing فى هذه العمليات والتى يمكن أن تعطى صور واضحة ومعلومات مؤكدة عن أنواع السحب وأماكن تجمعها وتحركها وخصائصها المختلفة، أو الأمطار وكميتها أو تجمعها على السطح، وانعكاسها فوق سطح التربة خلال الفترة التى تسبق عملية الجريان. وكذلك تحديد هذه الأماكن، أو الجريان فى بدايته فى المجارى الصغيرة، أو أى شكل آخر يمكن أن يفيد فى عملية توقع الجريان، وبالتالى تكون هناك فرصة لتجنبه قبل تجمع مياه السيول ووصولها إلى أماكن التجمعات السكانية أو الطرق.

٣ - يمكن استخدام الرادار فى تحديد بقع الأمطار، ودرجة غزارتها وأماكن تواجدها ، ومع المعرفة المسبقة لأحواض وشبكات التصريف ، يمكن توقع مكان وكمية الجريان وتحذير السكان فى هذه المناطق.

٤ - يمكن استخدام بعض النشرات، أو الكتيبات الإرشادية، أو اللوحات التحذيرية، خاصة بالنسبة لمستخدمى الطرق التى تتعرض لأخطار

الجريان، ويوضح فيها ما يمكن عمله بالنسبة للراكب، وما يجب أن يقوم به، وكذلك الإرشادات التى يجب مراعاتها للمحافظة على حياته، والأماكن أو الأساليب التى يمكنه أن يلجأ إليها حتى يتفادى الخطر.

٥- يمكن استخدام وحدات الشرطة والجيش المتواجدة بهذه المناطق فى تحذير المواطنين وإرشادهم لأفضل السبل للابتعاد عن أماكن الخطر. وتحديد أماكن أمان يمكن اللجوء إليها فى حالة اضطرارهم لذلك .

٦- توضح أماكن وأوقات الخطورة على خرائط وتوزع على المواطنين، أو عمل حلقات التوعية اللازمة لذلك ، للسكان المقيمين فى هذه الأماكن.

٧- يمكن عن طريق أساليب التوقع السابق إيضاحها عمل دراسات للفترات المتوقع حدوث جريان سيلى فيها، وحجم السيل المتوقع، وإعلام سكان هذه المناطق بها مسبقا ، وبالاحتياطات الواجب اتخاذها من جانب المواطنين والجهات المسئولة عنها.

وجدير بالذكر أن هذه الأساليب تمثل بعضا مما يمكن استخدامه فى مثل هذه الظروف ، وهناك مناطق واسعة فى بعض الدول أصبحت تغطيها شبكات كاملة كافية للتحذير من أشكال الجريان المختلفة، والكوارث المحتملة، فعلى سبيل المثال، يملك مكتب خدمات الطقس القومى بالولايات المتحدة الأمريكية National Weather Service ثلاث شبكات للإنذار والتحذير تغطى معظم أرجاء الدولة. وأول هذه الشبكات يختص بإعطاء تنبؤات للعواصف الشديدة. كما يتمثل الشكل الثانى فى تغطية الدولة بالكامل بوحدات تنبؤ بالأمطار المتوقعة خلال ٢٤ ساعة، والمناطق التى يمكن أن تسقط عليها أمطار غزيرة، وترتبط

بشبكات تحذير عن إمكانية حدوث سيول فى هذه المناطق. والشكل الثـالث يتمثل فى استخدام الرادار فى الإبلاغ عن الأمطار خاصة تلك التى تسـقط فى شكل بقع مبعثرة، أو المتباعدة، بالنسبة للعواصف الرعديـة، يضـاف إلى ذلك إمكانية استخدام سفن الفضاء (الاستشعار من بعد) فى عمليـات التوقع بالنسبة للأمطار وكذلك الجريان.

كذلك وضعت شبكات الإنذار على طول خليج العقبة بسيناء، فـى المنطقة الواقعة شمال مدينة نويبع وحتى ميناء إيلات، وذلك خلال فـترة الاحتلال الاسرائيلى، وقد تم رفعها مع عملية الجلاء عن سيناء.

قائمة المراجع

- السيد السيد الحسينى (١٩٨٧) موارد المياه فى شبه جزيرة سيناء.
نشرة رقم ١٠٠ صادرة عن قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية .

- احمد سالم صالح (١٩٨٩) الاخطار الطبيعية على القطاع الشرقى من طريق نويبع / النفق ، دراسة جيومورفولوجية .
مجلة الجمعية الجغرافية العربية العدد ٢١ .

- حسن رمضان سلامة (١٩٨٥) اختلاف التصريف المائى للاودية الصحراوية فى الاردن .
النشرة رقم ٧٥ قسم الجغرفيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية .

- سعيد محمد ابوسعده (١٩٨٣) هيدرولوجية الاقاليم الجافة وشبه الجافة .
سلسلة علمية تصدر عن وحدة البحث والترجمة قسم الجغرافيا بجامعة الكويت ، والجمعية الجغرافية الكويتية .

- Carlston,C. W. (1963) Drainage and Stream Flow ,
U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 422 C : 1-8.

- Chorley, R.J. (1957) Climate and Morphometry,
Jour. Geol. 65 : 268-638.

- " " " "(1969) Introduction to Physical Hydrology,
Methuen & Co. Ltd. Great Britain.

- Cooke, R. U., Brunsden, D. Doornkamp, J. C. and Jones, D.K.,(1985) Urban Geomorphology in Drylands , Oxford Univ. Press.

- Dunne, T. (1978) Field Studies of Hillslope flow Processes in Hillslope Hydrology, Edited by Kirkby , M. T. John Wiley & Sones, Chichester.

- Emmett, W. W. (1978) Overland flow , in hillslope hydrology, Edited by Kirkby, M. J. John Wiley & Sons , Chichester.

- Gerson, R. (1977) Sediment transport for desert watersheds in erodible materials , Earth Surface Processes , Vol. 2, pp 343-361.

- Goudie, A . and Wilkinson (1980) The Warm desert environment, Cambridge Univ. Press, London.

- Gregory , K. J . , Hails, T. R., and Derbyshire, E. (1979) Geomorphological Process, Butterworths, London.

- Hickok, R. B., and Others (1959) Hydrology Synthesis for small Arid – land watersheds Agriculture Eng. 40 (10) : 608-611.

- Hadley, R. F. and Schumm, S. A. (1961) Sediment sources and drainage basin characteristics , in Upper cheyenne River basin. U. S. Geol. Survey, Water- Supply, paper,1531-b, 169-177.

- Howard, A. D. and Remson , I. (1978) Geology in environment planning McGraw – Hill Book Co. New York.

- Horton, R.R. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins, Hydrophysical approach to quantitative morphology.
Geol. Soc. America, Bull. 56: 275-370.

- Kamal, F. S. and Others (1980) Quantitative analysis of the Geomorphology and Hydrology of Sinai peninsula .
Annals of the Geological Survey of Egypt, Vol. X , 819-836.
- Kirkby, M. J. (1978)Hillslope Hydrology,
John-Wiley & Sons, New York.

- Knapp, B. J. (1979) Elements of geographical hydrology,
George Allen & Unwin, London.

- Langbein, W. B. (1947) Topographic characteristics of drainage basin,
U. S. Geol. Survey Water- Supply, Paper 968-c pp157.

- Leopold , L. and Miller, J. P. (1956) Ephemeral stream hydrologic factors their relation to the drainage net,
U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 282-A : 1-37.

- Leopold, L. , B. Wolman, M.G. and Miller, J.P., (1964)
Fluvial process in Geomorphology,
San Francisco.

- Mabbutte, J. A. (1977) Desert landforms ,
The MIT Press, Cambridge Massachusetts.

- Melton, M. A. (1958) Correlation structure of morphometric properties,

- Miller, D. H. (1977) Water at the surface of the earth ,
Academic Press , New York .

- Morrisawa, M.E. (1962)Quantitative geomorphology of some watersheds in the Applchain plteau,

Geol. Soc. America Bull., 73 : 1042- 1045.

- Orsborn, J. F., (1976) Drainage Basin characteristics applied to hydraulic design and water resources management, in Geomorphology and Engineering . edited by Coates , D.R.
  Dowden, Hutchinson & Ross, Inc . , Stroudsb Urg. Pennsylvania.

- Peter , C.P. Patton and Vector, R. B. (1980) Geomorphic response of central Texas stream channels to catastrophic raifall and runoff, in Geomorphology in Arid Regions, edited by Doehring, D. O. ,
  London

- Saleh, A. S. (1990) Geomorphological effects of A torrential flood in wadi El- Atfeehy , The Eastern Desert of Egypt .
  Bull. Soc. De Geogr. D, Egypt Tome LXIII.

- Schick, A. P. (1980) A tentative sediment budget for an extremely Arid watershed in the southern Negev, in Geomorpholgy in Arid Regions, edited by Doehring, D. E.
  George Allen & Unwin, , London.

- " " " " " (1980) Hydrologic Aspects of floods in extreame Arid Environments, in Flood Geomorphology, edited by Baker, V. R. and Others .
  John Wiley & Sones, New York.

- Schumm, S. A. and Lusby, G. C. (1977) Applied Fluvial Geomorphology , in Applied Geomorphology, edited by Halls, J. R.
  Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.

- Strahler , A. N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology,
  Am. Geophs. Union Trans. 38 (6) : 169-177.

- Ward R. C. (1967) Principles of Hydrology , 2nd ed. McGraw Hill Book Co. (U.K.) Limited. London.

- Water Atlas of Saudi Arabia (1984) Ministry of Agriculture and Water, Saudi Arabia.

- Yair, A. and Lavee, H. (1985) Runoff generation in Arid and Semi Arid zones, in Hydrological forecasting, edited by Anderson, M. G. and Burt, T. P. pp. 182-220. John Wiley & Sons Ltd.

الجزء الثانى

السيول عمليا

السيول والتنمية فى وادى فيران بسيناء

دراسة تطبيقية من منظور جيومورفولوجى



مقدمه(*):

يمثل الجريان السيلى فى وادى فيران بجنوب غرب شبه جزيرة سيناء إحدى مشكلات البيئة الملحة، التى تؤثر على عملية التنمية وتعوق حركتها. ويرجع هذا إلى أن عمليات الجريان التى تجرى فى الوادى الرئيسى غالبا ما ينتج عنها تدمير كلى أو جزئى للطريق الذى يربط بين مدينة سانت كاترين، والطريق الساحلى بغربى سيناء، الذى يمتد على طول قاع الوادى. كما يمتد الخطر إلى بقية مظاهر العمران، وأشكال استخدام الأرض المنتشرة على طول قاع الوادى، حيث تدمر المزارع وتردم الآبار وتهدم المساكن. وكثيرا ما يصل الخطر إلى مستخدمى الطريق والسكان والحيوانات والممتلكات.

وقد حدث هذا بالفعل خلال عمليتى جريان وقعتا فى الفترة الأخيرة. حيث جرت الأولى فى أكتوبر ١٩٨٧، والثانية فى إبريل ١٩٩٠. وأديتا إلى هدم وتخريب فى أجزاء واسعة من الطريق، فى واحتى الطرفة وفيران واللتان تعدان من أهم مراكز الاستقرار فى الوادى.

ولا يتوقف حجم المشكلة عند وجهها المرئى بل غالبا ما يتعداه إلى التأثير على الجوانب الأخرى مثل السياحة، وعمليات الأمن والاستقرار، بالإضافة إلى الجوانب الاجتماعية. كذلك فإن الحاجة إلى كل قطرة ماء فى مثل هذه المنطقة الصحراوية القاحلة، حيث الأمطار الشحيحة والمياه الجوفية النادرة؛ تفرض ضرورة استغلال مياه السيول

(*) تجدر الإشارة إلى أن هذا الموضوع هو أحد الأبحاث التى قام بها الباحث خلال عمله بمشروع مكافحة السيول فى مصر والتابع لمركز الاستشعار من بعد بأكاديمية البحث العلمى .

كأحد الموارد المائية المتاحة مما يزيد من حدة المشكلة، ويوضح أبعادها، ويفرض ضرورة تحليلها بغرض الوصول إلى الحلول المناسبة لها.

هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أبعاد المشكلة وتقييمها، ووضع الحلول المناسبة لها، وقد روعى فى هذه الحلول محاولة تحييد الخطر الناتج عن الجريان على مظاهر الحياة على طول الوادى هذا من جهة، واستغلال مياهه -بقدر الإمكان- من جهة أخرى. بما يتيح الفرصة أمام عمليات التنمية والتوسع العمرانى والاستغلال الأمثل للمنطقة.

طريقة الدراسة:

تتركز الدراسة بصفة خاصة على طول الوادى الرئيسى -حيث يمتد الطريق والعمران- من مدينة سانت كاترين إلى مصب الوادى.

وتعتمد هذه الدراسة فى المقام الأول على القيام بعملية مسح ميدانى تمت على مرتين على طول الوادى الرئيسى، حيث يمتد معظم العمران، والطريق وأشكال استخدام الأرض المختلفة، وكانت الأولى مارس ١٩٩٠، والثانية فى إبريل من نفس العام . وقد تم فيهما عمل التالى:

١- مسح لمورفولوجية الوادى الرئيسى وأشكال السطح الرئيسية فيه.
٢- مسح لأشكال استخدام الأرض والعمران والطريق على طول قاع الوادى.
٣- مسح لحركة الجريان واتجاهاته من خلال الآثار الدالة عليه، والمجارى ، وعمليات الجريان.

٤- تحديد أماكن النحت والتآكل والأماكن التى تتعرض للخطورة حاليـــاً والتى من المحتمل أن تتعرض له مستقبلاً.

٥- قياس مقدار النحت وتحديد الطريقة التى يتم بها.

٦- اختيار المواقع والأساليب التطبيقية اللازمة لحل المشكلة، واســتغلال مياه السيول فى عمليات التنمية المختلفة.

وقد سجلت البيانات والقياسات على خرائط مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠. كما تم الاستعانة باســتخدام الصــور الجويـــة (مقيـــاس ١ : ٤٠٠٠٠). ولوحات الفضاء (MSS) المتوافرة عن المنطقـــة. كمـــا تـــم الاســـتعانة والاستفادة كذلك من الخرائط الجيولوجية، وخرائط التربـــة، فضـــلاً عـــن الدراسات السابقة وخاصة الجيومورفولوجية منها، والدراســـات الأخـــرى الخاصة بالأرصاد الجوية. وهذه المصادر موضحة فـــى قائمـــة المراجـــع والمصادر فى نهاية البحث.

خطة الدراسة:

تشتمل الدراسة على عدد من الموضوعات هى كالتالى:

١- الموقع والشكل العام للمنطقة.

٢- التكوينات الجيولوجية والبنية فى حوض وادى فيران.

٣- الخصائص العامة لشبكة وحوض التصريف.

٤- ظروف وخصائص المطر.

٥- الخصائص المورفولوجية للوادى الرئيسى وأشكال السطح فيه.

٦- استخدام الأرض فى الوادى الرئيسى.

٧- حركة واتجاه الجريان على قاع الوادى.

٨- أشكال ومواقع النحت والتدمير فى الطريق وفى مظاهر العمـــران

المختلفة.

٩- مناطق ودرجات الخطورة على طول الوادى الرئيسى.

١٠- طرق وأساليب الحماية المقترحة. وكيفية استغلال مياه الجريان فى عمليات التنمية.

وجدير بالذكر أن معظم هذه الموضوعات قد تم عرضها على خرائط ذات مقياس رسم مناسب تم إنشاؤها لهذا الغرض. على أساس الدراسة الميدانية، والمصادر الأخرى السابق توضيحها.

وفيما يلى عرض لهذه الموضوعات:

أولا: الموقع والشكل العام للوادى:

يقع حوض وادى فيران فى الجزء الجنوبى الغربى من شبه جزيرة سيناء، وينحصر بين دائرتى عرض ٣٠ َر٢٨° - -ر٢٩° شمالاً، وخطى طول ١٠ َر٣٣° - ٠٥ َر٣٤° شرقاً. شكل رقم (١).

وتصل مساحة الحوض إلى حوالى ١٧٠٢ كم٢، ويصرف إلى خليج السويس، إلى الشمال من بلاعيم مباشرة، وهو يمثل أحد خمسة أحواض كبرى تعتبر مسئولة عن التصريف فى غرب سيناء إلى الخليج. وتعتبر أودية الشيخ والأخضر وسولاف ورمانة أهم روافد الوادى، بالإضافة إلى العديد من الروافد الصغيرة التى تغذيه على طول قطاعاته المختلفة. ويمتد الحوض فى اتجاه عام من الشرق إلى الغرب فى شكل يميل للاستطالة، ويصل طوله إلى ما يقرب من ١٣٧ كم وطول محيط حوضه إلى ٣٥٥ كم.

وسوف يتم إلقاء المزيد من الضوء على الوادى الرئيسى الذى يمثل المنطقة موضع الدراسة والاهتمام.

ثانيا: التكوينات الجيولوجية والبنية:

تعتبر المنطقة جزءاً من الدرع العربى القديم الذى يعرف بتكويناته من صخور القاعدة الأساسية ، تعلوها الصخور الرسوبية خاصة على الأطراف. ولذلك تتنوع التكوينات الجيولوجية فى حوض الوادى تنوعاً واسعاً. حيث تتكون أجزاؤه العليا من الصخور النارية وتشغل حوالى ٥٨% من جملة مساحته. كما تشكل الصخور المتحولة أجزاءه الوسطى وتشغل حوالى ٢٢%، على حين تتكون الأجزاء الدنيا من الحوض من التكوينات الرسوبية، التى تشغل ما يقرب من ٢٠% من جملة مساحة الحوض .

ويتراوح عمر الصخور المكشوفة فى سطح الحوض بين الكمبرى الأسفل والبليوسين. هذا بالإضافة إلى رواسب الزمن الرابع التى تغطى الأجزاء الدنيا من السفوح، وبطون الأودية، ومراوحها الفيضية، ودلتا الوادى (محمد رمضان ١٩٨٧، ص ٢٦ - ص ٤٦).

ونظراً لتعرض المنطقة للحركات التكتونية التى صاحبت تكون

شكل رقم (١) الموقع والشكل العام لحوض الوادى

اخدود البحر الأحمر (الأخــدود الأفريقــى) فــان العديــد مــن الصــدوع والالتواءات يخطط وجه المنطقة، وهى تنتظم فى معظمها مع الاتجاه العـام لخليجى السويس، والعقبة، وخاصة فى حالة الصـــدوع، وينعكــس ذلــك بوضوح على نظام شبكة التصريف، وخصائص المجارى وأنظمة السـفوح وجوانب الأودية، ومحاورها وأنماط التصريف. هذا علـــى حيــن تــتركز الالتواءات القوية فى نطاق الصخور الرسوبية، ومن أهمها طيـــة فــيران المحدبة، التى يقطعها مجرى الوادى فى جزئه الأدنى.

ومن النظرة التفصيلية لأنواع التكوينات يمكن تقســيم الصخــور النارية إلى:

(أ) مجموعة صخور الجرانيت القلوية الكلسية، وهــى تمثــل أقدم صخور الجرانيت، وتضم الديورايت والجرانيت الأحمــر ذو النســيج البروفيرى، والديورايت الجرانيتى المعروف باسم الجرانيـــت الرمــادى، وتكون صخور هذه المجموعة أراضى تلاليه قليلة الارتفاع، سهلة التجوية تكثر بها السهول الفسيحة. كما تكون بعض القمم الجبليـــة، ومــن أهــم المناطق التى تظهر فيها: منطقة التقاء وادى الشـــيخ بــوادى ســولاف، وأعالى وادى الأخضر، وأجزاء من وادى رمانة.

(ب) مجموعة الجرانيت القلوية. ويتميز الجرانيت هنا باحتوائه على نسبة من البيوتايت والميكا والـــهورنبلند، وتشــكل الكتــل الجبليــة الرئيسية داخل الحوض، مثل جبال كاترين وموســـى والمناجــاة وقصــر عباس، وهى تمثل المنابع العليا الجنوبية الشرقية للحوض. وهذا النـــوع من الصخور سهل التجويـــة وتشــيع فيــه عمليــات التفكــك والتقشــر .disintegration & exfoliation

(جـ) مجموعة الصخور المتوســطة الــتركيب. وتتكــون مــن

السيانيت والتراكتيت ، ويمثل السيانيت صخور شديدة الصلابة تقل بها الفواصل. ولذا فهى تمثل السفوح الشديدة الانحدار، لجبال الجوزة والبنات وسربال. على حين يتمثل التراكيب فى القواطع التى تخترق صخور القاعدة فى المنطقة للشرق من واحة فيران.

أما الصخور المتحولة فتتمثل بصفة رئيسية فى نطاق صخور النايس المجماتيتى والمعروف باسم نطاق نيس فيران/سولاف المجماتيتى. ويمتد النطاق فى اتجاه شمالى غربى -جنوبى شرقى ولمسافة تزيد عن ٤٠ كم، وبعرض يتراوح بين ٥-١٠ كم. ويشق الوادى الرئيسى - موضوع الدراسة - مجراه جزئياً عبر هذا النطاق، وتنعكس خصائص هذه الصخور على شكل مقطع الوادى، حيث تكثر الثنيات كما تظهر جوانبه شديدة الانحدار.

وكما ذكر من قبل فان الصخور الرسوبية تتمثل فى الجزء الأدنى من الوادى ،وهى تتكون من صخور جيرية ورملية وطينية ومارلية وطباشيرية. وترجع التكوينات الجيرية التى تنتمى إلى مجموعتى الجلالة وسدر لتشكل معظم الجروف وجوانب الأودية، فان الصخور الرملية التى تتميز بكثرة الفواصل تظهر فى بعض الأودية مثل البيضا وهرقص والشق. كما تظهر الصخور الطينية فى جبل عكمة، حيث تنكشف على جوانب الحافات القوية وقد تصاحبها الصخور المارلية، التى تتميز بارتفاع درجة المسامية والقابلية العالية للذوبان.

وإلى جانب التكوينات الصخرية الأساسية السابقة توجد الرواسب المفككة الحديثة، حيث تملأ قيعان الأودية وتشكل العديد من المراوح الواقعة عند مصباتها ، إلى جانب المدرجات الواقعة على جوانبها ، وبطبيعة الحال تختلف من حيث نوعيتها، وأحجامها تبعاً لنوعية الصخر

الأم mother rock؛ الذى اشتقت منه، والعمليات الجيورمورفولجية التى نحتتها أو نقلتها. ويختلف حجم هذه المفتتات ما بين الكتل والجلاميد الضخمة التى يزيد قطرها عن ٢/١ متر، إلى الزلط والحصى والحصباء والرمال والطمى وأحيانا الصلصال.

ومما لا شك فيه فان حجم وطريقة توزيع هذه الرواسب ،وكذلك مظهرها وشكلها المورفولوجى Form؛ تؤثر بدرجة واضحة على عملية الجريان، وقد ينعكس ذلك فى زيادة فعالية عملية التسرب أو توجيه تيار الجريان والتأثير عليه من خلال ما يعرف بدرجة خشونة القاع.

ثالثا: خصائص شبكة وحوض التصريف:

يغطى حوض وادى فيران مساحة تصل إلى حوالى ١٧٠٢ كم٢، وكما سبق الذكر ،وتجرى على سطحه شبكة تصريف كبيرة تضم عددا من الروافد الرئيسية، يصل عددها إلى تسعة روافد كبيرة، بالإضافة إلى مجموعة أخرى من الروافد الصغيرة. وتختلف الخصائص المورفومترية للشبكة اختلافا واضحا، تبعا للعوامل التى أثرت عليها مثل التكوينات الجيولوجية وظروف البنية، وعامل الانحدار، والظروف الهيدرولوجية والتغيرات المناخية، بالإضافة إلى تغيرات مستوى سطح البحر . ويلخص الجدول التالى أهم الجوانب المورفومترية لحوض وشبكة الوادى (شكل رقم ٢).

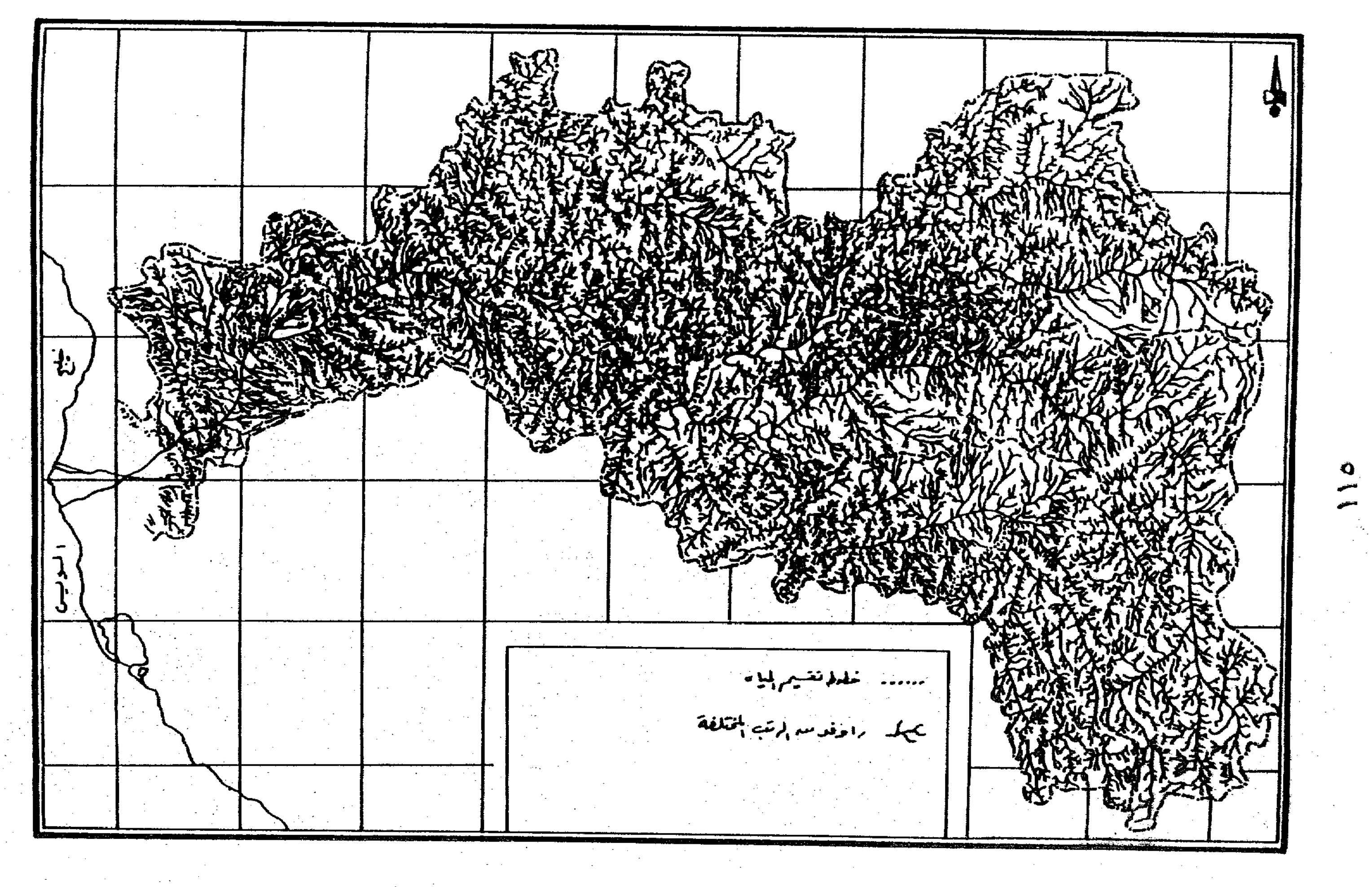
جدول رقم (١) الجوانب المورفومترية لحوض وشبكة تصريف وادى فيران (محمد رمضان ١٩٨٧ ص ١١٤ – ص ١٣٨) (مع التعديل)

م	اسم الرافد	المساحة (كم²)	أعداد المجارى	معدل التفرع	مجموع أطوال المجارى (كم)	كثافة التصريف	الانحدار (بالدرجات)	معد لاستط
١	وثير	٣٢,٦	١٢٤٧	٣,٩	٢٩٢,٧	٨.٥	١.٤	٠.٥٠
٢	أم لصيفه	٢١.٩	٤٧٨	٣,٣	١٣٦,٥	٦,٢	١,٣	٠,٤٣
٣	أم لصيفه	٣٢,٠	٩٩١	٣,٧	٢٦٣,٥	٨,٢	٢,٣	٠,٤٩
٤	نسرين	١٠٣,٠	٣٢٩٤	٤,٨	٧٧٦,٥	٧,٥	١,٩	٠,٥٢
٥	رمانة	١٥٨,٠٠	٤٦١٢	٣,٧	١١٠٤,٠	٧,٠	٤,٠	٠,٦٠
٦	نفوز	٤٦.٣	١٥٠٦	٤,١	٣٧٤,٠	٨,٠	٢,٦	٠,٥١
٧	سولاف	٢١٦.٥	٤٥٤١	٣.٨	١٣١٦.٠	٦.٠	٣,٣	٠.٥٦
٨	الشيخ	٣٤٧,٠	٥٦٨٩	٥,٨	١٧٨٨,٤	٥.٢	١.٩	٠,٤٣
٩	الأخضر	٣١٦,٧	٦١٤٣	٤.٥	١٧٩٩,٠	٥,٧	٠.٩	٠,٥٠
	وادى فيران	١٧٠٢	٥١٣٩٢	٤,٦	١٤٢٧٣,٦	٨,٤	١,١	٠,٣٤

ويتضح من هذا الجدول ما يأتى:

١- بالنسبة للمساحة فان الوادى الرئيسى بما يضمه من مجرى وقاع وجوانب وأحواض روافد صغيرة -لم تذكر فى الجدول- يمثل حوالى ٢٥% من المساحة الكلية للحوض. على حين تمثل أربعة أحواض كبيرة هى الأخضر والشيخ وسولاف ورمانة حوالى ٦١% أما بقية المساحة فتتوزع بين الخمسة روافد الباقية. أو بمعنى آخر فإن الأحواض الأربعة وحوض الوادى الرئيسى تمثل ٣/٤ المساحة الكلية.

٢- تشغل أحواض الروافد الكبيرة الأربعة حوالى ٤٠% فقط من أعداد المجارى الكلية فى شبكة التصريف ، وهو رقم لا يتناسب مع ما تشغله من مساحة. على حين يسيطر الوادى الرئيسى على حوالى ٤٥% وحده من الأعداد ، رغم أنه يشغل ١/٤ مساحة الحوض فقط وهذا الوضع يعكس وجود عدد كبير من أحواض المجارى الصغيرة التى تتصل بالوادى الرئيسى، وقد تم تصنيفها ضمن حوضه، والتى يزيد بها عدد المجارى وخاصة فى الرتب الأولى؛ مما يحتمل معه وجود الكفاءة العالية لنقل



شكل رقم (٢) شبكة تصريف وادى فيران

المياه والرواسب من مسافات قصيرة، على كلا الجانبين إلى الوادى الرئيسى.

٣- يختلف معدل التفرع اختلافاً واضحاً ولا يرتبط بأى من الأحواض الكبيرة أو الصغيرة ،مما يعكس تأثير الظروف الأخرى عليه.

٤- أن الوادى الرئيسى يضم حوالى ٤٥% أيضاً من مجموع أطوال المجارى فى شبكة تصريف الحوض. على حين تضم الروافد الأربعة الكبيرة حوالى ٤٢% ، والأحواض الخمسة الباقية لا تمثل إلا ما يقرب من ١٣% من مجموع الأطوال. وهذا الوضع يعكس استئثار الوادى الرئيسى بشبكة تصريف عالية الكفاءة ، مما يؤكد صدق ما تم الإشارة إليه فى الجزء السابق؛ من وجود إمكانية نقل عالية لمياه الجريان والرواسب إلى الوادى الرئيسى فى وقت قصير، خاصة إذا تركزت العواصف المطيرة على منطقة الوادى الرئيسى، وان كان هذا سوف يتوقف على درجة غزارة الأمطار، وامتداد العاصفة المطيرة، واتجاهها وسرعة حركتها، إلى جانب العوامل والخصائص الأخرى المؤثرة.

٥- تختلف كثافة التصريف بين رافد وآخر وأن كانت الكثافة ترتفع بشكل عام فى أحواض وشبكات تصريف الروافد الصغيرة عنها فى الأحواض الكبيرة فيما عدا حوض وادى رمانة، الذى ترتفع فيه الكثافة رغم كبر مساحته، مما يوضح أنه من الأودية التى يجب أن توضع فى الاعتبار على أنها ذات كفاءة عالية فى عملية الجريان.

٦- اختلفت درجات انحدار سطوح أحواض الروافد بين حوض وآخر، إلا ان حوض وادى رمانة يعتبر أشدها انحداراً، يليه حوض نفوز ثم حوض سولاف على حين تتقارب بقية الأحواض بدرجة كبيرة؛ مما يعكس الكفاءة العالية لحوض وادى رمانة -وكما سبق الإشارة- هذا من

جهة. كما أن التقارب فى الانحدار بين معظم الأحواض قد يعكس التقدم فى المرحلة الجيومورفولوجية، لجزء كبير من حوض وادى فيران، كما يعكس التشابه بينها فى عدد من الجوانب من جهة أخرى.

٧- كذلك يختلف معدل الاستطالة فى الأحواض وان كان معظمها يقع قرب (٠,٥٠) من المعدل؛ وهذا يعنى أن معظم الأحواض تجمع بين خاصيتين فى آن واحد ؛ حيث تميل إلى الاستطالة نسبياً أو فى جزء من الحوض كما تميل للاستدارة فى جزء آخر منه. هذا فيما عدا حوض وادى رمانة الذى يميل للاستدارة أكثر.

وهذا الوضع بالنسبة للأودية يعنى أنه قد ينتج عن الجريان فيها قمة واضحة -أو قد لا يحدث- تبعاً لتركز العاصفة المطيرة على جزء معين من الحوض أو الحوض بالكامل.

اما بالنسبة لحوض وادى رمانة فان الوضع يعنى عملية الجريان فيه غالباً ما ينتج عنها قمة كبيرة نتيجة تجمع المياه من روافده فى وقت متقارب ؛ نتيجة لتقارب مصباتها.

رابعا: خصائص المطر فى المنطقة:

نظراً لوقوع المنطقة فى النطاق الصحراوى الحار الجاف فان كمية المطر تنخفض انخفاضاً واضحاً، وتبعاً للبيانات المتوافرة من ثلاث محطات تمثل أقرب المحطات للحوض وهى سانت كاترين (تقع داخل الحوض) وأبو رديس والطور (تقعان على خليج السويس) ، فان المتوسط السنوى كان ٦٢ مم، ٢١,٥ مم، ١,٤٠ مم على التوالى للمحطات الثلاث. ويرجع ارتفاع المتوسط فى سانت كاترين إلى تأثير عامل الارتفاع.

وبصفة عامة يمكن أن توصف الأمطار بعدد من الخصائص هى كما يلى:

١- أن الأمطار غالباً ما تسقط خلال فصل الشتاء ويزداد عدد مرات التساقط، وكذلك الكمية فى الفترات الانتقالية من الخريف إلى الشتاء، ومن الشتاء إلى الربيع. على حين لم تسجل أية أمطار خلال فصل الصيف.

٢- تتميز الأمطار الساقطة بأنها قد تسقط فى شكل رخات قصيرة الأمد مركزة، على سبيل المثال تراوحت الكمية الساقطة فى محطة الطور خلال الفترة من ١٩١٩ إلى ١٩٧٠ بين ٠,٣ - ٣٨,٣ مم فى المرة الواحدة. ولما كانت فترة القياس تمتد فى هذه المحطات إلى ٢٤ ساعة ؛ لذلك لا توجد اى بيانات دقيقة عن الطول الفعلى لفترة التساقط؛ ولذلك ايضاً تنخفض درجة غزارة المطر حيث تراوحت فى المحطة السابقة بين ٠,٠٨ -١,٥٦ مم/ساعة (ولم تتوافر بيانات عن محطة سانت كاترين).

وتبعاً لسقوط المطر فى شكل فجائى خلال فترة تنخفض فيها درجات الحرارة ؛ فان ذلك يعمل على زيادة فرصة الجريان بالوادى خاصة إذا أخذت الظروف المورفولوجية من انحدار للسطوح وتوافر شبكة تصريف جيدة فى الاعتبار.

خامسا: مورفولوجية الوادى الرئيسى:

يبدأ الوادى الرئيسى من مدينة سانت كاترين فى وسط الضهر المثلثى الشكل بجنوب سيناء، عند دائرتى عرض ٣٤ َ ٢٨ ْ شمالاً و

٥٧ َ ر٣٣° شرقاً، ويصب فى خليج السويس عند رأس شرانيب للشمال مباشرة من بلاعيم. شكل رقم (٣).

ومن الناحية المورفولوجية يمكن تقسيم الوادى الرئيسى إلى عدد من القطاعات، تبعاً لكل من الاتجاه العام للوادى، وانحدار قاعه، وشكل قطاعه العرضى، وشكل سفوح الجوانب ،والقاع ، ووضع المجرى، بالإضافة إلى أشكال السطح الأخرى، التى لها علاقة اتصال بالوادى الرئيسى وبالتالى بعملية التصريف، وشكل وحركة واتجاه الجريان فى الوادى، وخاصة مصبات أودية الروافد والمراوح الفيضية والمدرجات، ويوضح الشكل رقم (٣) هذه الجوانب المورفولوجية وفيما يلى توصيف كامل للجوانب المختلفة السابقة فى كل قطاع من قطاعات الوادى وهى كالتالى:

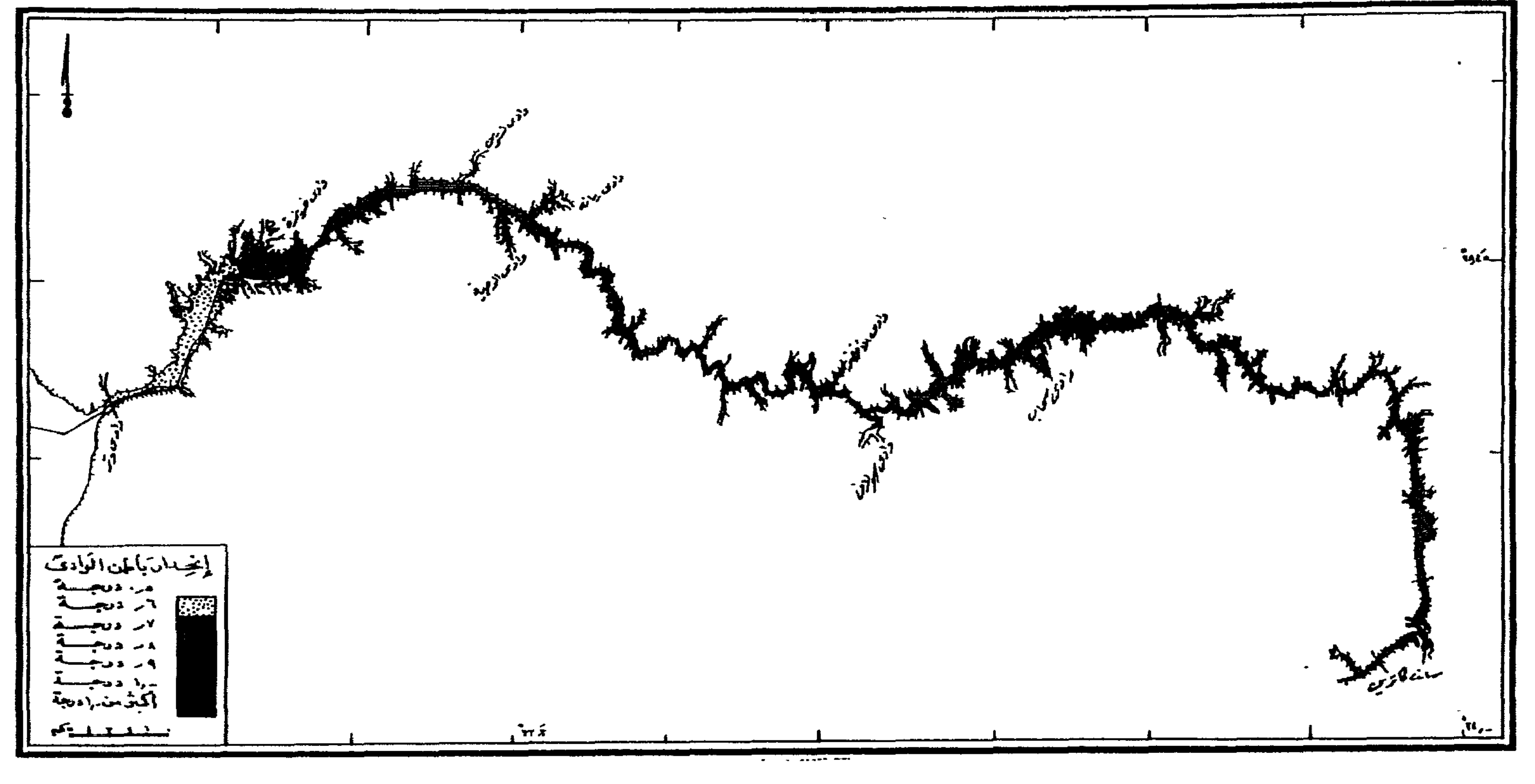
(أ) القطاع بين مدينة سانت كاترين وممر واطية:

ويجرى الوادى فى هذا القطاع فى اتجاه عام من الجنوب إلى الشمال فى شكل أقرب للاستقامة؛ كنتيجة لالتزامه بخط احد الصدوع القوية التى تسلك نفس الاتجاه. ويبدأ فى الجنوب ضيقاً ، ثم يزداد اتساعاً مع الاتجاه للشمال. ويتراوح عرضه بين ٤٠٠-٦٠٠ متر، ويزيد عن ذلك كثيراً فى الأجزاء التى تمثل مصبات الروافد الكبيرة، ومن أهمها من الجنوب للشمال الراحة وأبو مروه ومحسن ونجدات التمر (من الجانب

شكل رقم (٣) مورفولوجية الوادى الرئيسى

الأيسر)، واسباعيه (من الجانب الأيمن)، إلى جانب بعض الروافد الصغيرة الأخرى. وتنتهى مصبات هذه الروافد مكونة بعض المراوح الفيضية، والتى توجد سطوحها على نفس مستوى سطح قاع الوادى الرئيس كما تتكون من نفس نوعية رواسبها؛ وهذا راجع إلى أن مصدر الرواسب غالباً واحد وهو صخور الجرانيت القلوى Alkaline, undeformed granitic rocks. ورغم أن قاع الوادى فى هذا القطاع يبدو فى معظمه مستو تقريباً Flat، إلا أن انحداره يختلف بين جزء وآخر، فهو يزيد عن درجة واحدة فى الجزء الواقع داخل المدينة (سانت كاترين) وحتى مصب وادى اسباعيه على حين يتراوح بين ٠,٨ - ١ درجة للشمال من هذا الجزء وحتى ممر واطيه (شكل رقم ٤) الذى يوضح درجات الانحدار على طول قاع الوادى. وفى هذا القطاع يوجد مجرى واضح محدد يشق رواسب القاع وأن كان يتميز بضحولته، وانخفاض عمقه، واتساعه النسبى والذى يتراوح بين ٥-١٠ أمتار. وقد يتحول إلى التشعب فى بعض الأجزاء فيظهر أكثر من مجرى.

وفى هذا الجزء تظهر جوانب الوادى شديدة الانحدار فى أغلبها تقطعها مخارج الروافد كما يحددها العديد من المجارى الصغيرة. وقد تنتهى هذه السفوح إلى القاع فى شكل زاوية حادة. وتظهر سفوح البدمنت فى الأجزاء الدنيا منها فى شكل متدرج كثيراً ما يستغل فى عملية السكن من قبل البدو أو بعض الشركات العاملة بالمنطقة. ويتراوح ارتفاع هذه الجوانب بين ١٠٠-١٥٠ متر. وتظهر السفوح فى شكل محدب فى جزئها العلوى يليه قطاع مستقيم يمثل الجزء الأكبر، وكلاهما يبدو خالياً من الرواسب تقريباً، وقد يتبع ذلك جزء مقعر فى حالة تواجد سفح البدمنت، ويظهر القطاع العرضى للوادى على شكل حرف (U) .



شكل رقم (٤) درجات الانحدار على طول الوادى

(ب) القطاع بين ممر واطيه ومصب وادى بياض (واحة الطرفة):

يتسم هذا القطاع بوجوده على شكل خانق تحتله واحة الطرفة بمزارعها وأشكال العمران المختلفة فيها رغم ضيق قاع الوادى وكثرة- تعرجاته وانثناءاته ، والتى قد ترجع إلى تعامد عدد من الصدوع على اتجاه الوادى وكذلك نوعية التكوينات الجيولوجية. ولا يزيد عرض قاع الوادى فى هذا القطاع عن ٣٠٠ متراً إلا فى مناطق مصبات الروافد أو الأجزاء المقعرة فى الثنيات. ويغطى القاع برواسب غالباً ما تتكون من الرمال الخشنة مع بعض الحصى ، والتى يصل سمكها إلى ما يزيد عن ٢٠ متراً (تبعاً لعمق بعض الآبار المستغلة فى الواحة). كما يزيد انحدار القطاع عن درجة واحدة. ومعظم القاع يعتبر مستغل بالمزارع والسكن. ويوجد مجرى ضحل يتراوح عرضه بين ٣-٤ أمتار محصوراً بين المزارع والطريق المعبد الرئيسى الذى يسير بطول الوادى مما يعمل على زيادة درجة الخطورة عليه مع أى عملية جريان تمر خلاله. وتنخفض سفوح جوانب الوادى بشكل ملحوظ ، حيث يتراوح بين ٤٠-٨٠ م فوق قاع الوادى ، ويزيد المقطع المستقيم فى وسط السفح كما يظهر الجزء الأعلى محدب ،والجزء الأدنى فى شكل مقعر، ويرجع هذا فى الغالب إلى طبيعة التكوينات الدايورايتية الكلسية والكوارتزية التى تكون الجوانب والتى تتميز بزيادة فعل وتأثير التجوية عليها deeply Weathered ؛ مما أدى إلى وجود كميات كبيرة من الرمال البيضاء خاصة فوق المراوح الفيضية للروافد، إلا أن السفوح ذاتها تبدو خالية من أية مفتتات ، ربما كان ذلك نتيجة لتعرضها لعمليات غسيل شبه مستمرة عن طريق رخات المطر والجريان الغطائى.

(جـ) القطاع بين مصب وادى بياض وحتى مصب وادى صواوين:

ويظهر الوادى فى هذا القطاع على شكل قوس كبير، حيث يبدأ الوادى فى الاتجاه إلى الشمال الغربى حتى مصب وادى مرير ثم يغير اتجاهه إلى الغرب مباشرة حتى وادى حشيشيت الهمال حيث يتحول إلى الاتجاه الجنوبى الغربى ، ويظل كذلك حتى يقترب من مصب وادى سولاف أحد أهم روافده والواقع للشرق مباشرة من واحة فيران.

ويتميز هذا القطاع باتساع القاع بدرجة كبيرة وتبتعد جوانبه التى تحافظ على نفس مناسيبها فى القطاع السابق. كما يقل عدد التعرجات والثنيات وتتحول إلى ثنيات واسعة، كما يقطعها عدد من الأودية الكبيرة إلى جانب الصغيرة، والتى تنتهى إلى الوادى بعدد من المراوح الفيضية التى تتناسب أبعادها مع مساحات أحواض الروافد. وبشكل عام يتراوح عرض القاع بين ٤٠٠-٦٠٠ متر وفى بعض الأماكن يصل إلى ٩٠٠ متر كما يتراوح الانحدار بين ٠,٧-١ درجة. ولا تختلف الرواسب التى تشكل القاع من حيث حجمها عنه فى القطاعات السابقة إلا فى بعض الأجزاء حيث توجد الرواسب الطميية التى خلفتها السيول الحديثة وبسمك يتراوح بين ١٠-٢٠ سم. ويشق هذه الرواسب مجرى ضحل واسع وبعرض يزيد عن ١٠ أمتار ويتعرج بشكل واضح بين جوانب الوادى من جانب إلى آخر ليقطع الطريق فى مواقع متعددة، كما قد يتحول إلى أكثر من مجرى وخاصة عند اتصال مجارى الروافد به.

ويصل ارتفاع سفوح جوانب الوادى بين ٢٥-٥٠ متراً وأن كان هذا لا يمثل الشكل العام للمنطقة حيث تظهر الأجزاء القريبة من الوادى فى شكل أعلى ارتفاعاً وأشد تقطعاً وخاصة على الجانب الأيمن للوادى.

وتتميز سفوح جوانب الوادى بتراكم كميات كبيرة من المفتتات الناتجة عن تحرك المواد المجواه إلى الأجزاء الدنيا مكونة ركامات talus ؛ مما قد يؤدى إلى احتمالات زيادة الفقد من الانسياب السطحى والغطاءات الفيضية فوق هذه السفوح من جهة ، كما تعمل على زيادة حمولة الجريان الواصلة إلى الوادى تحت ظروف رخات المطر القوية.

(د) قطاع واحة فيران:

ويبدأ من وادى صواويين فى الشرق وحتى مصب وادى القصير فى الغرب ويجرى الوادى فى هذا القطاع فى اتجاه عام من الشرق إلى الغرب ويتميز الوادى فيه بظهوره على شكل خانق عميق ضيق جوانبه شديدة الانحدار، كما يميل إلى التعرج بشدة مشكلاً عدداً من الثنيات القوية المتتابعة، ورغم ذلك يتمثل به أحد أكبر التجمعات السكنية على طول الوادى ،حيث قرى واحة فيران بالإضافة إلى المزارع والبساتين ؛ مما يعمل على زيادة احتمالات الأخطار والمشاكل التى يمكن أن تنتج عن عمليات الجريان. ومما يزيد أيضاً من حدة الخطورة اتصال كل من وادى سولاف (من الجانب الأيسر) والأخضر (من الجانب الأيمن) بالوادى الرئيسى قبل بداية الواحة مباشرة من الشرق ؛ مما يعنى وصول كميات كبيرة من مياه الجريان إلى هذه النقطة فى وقت واحد. هذا بالإضافة إلى العديد من الروافد التى تصب فى قطاع الوادى الرئيسى الذى تتمثل فيه الواحة والتى غالباً ما تتمثل منابعها فى أجزاء شديدة الارتفاع، حيث يوجد عدد من الجبال من أهمها جبال أحمر وسرابيل وعبورة والطر على الجانب الأيسر. وجبال جوزة ومعين والبنات على الجانب الأيمن، وهى أودية قصيرة وشديدة الانحدار وسريعة الجريان. وترجع هذه الخصائص

إلى أن المنطقة تسود بها صخور متحولة شديدة الصلابة كما يقطع الوادى أحد الصدوع القوية التى تتجه فى نفس اتجاهه تقريباً، بالإضافة إلى العديد من الصدوع العمودية على مجراه والتى أدت إلى وجود هذه الثنيات فى مقطعة.

وبشكل عام لا يزيد اتساع قطاع الوادى عن ٢٠٠ متر إلا فى مناطق مصبات الروافد، حيث قد يصل إلى ٢٥٠ متر. كما تصل درجة انحداره إلى حوالى ٠,٨ درجة، ويتكون من الرمال الناعمة والطمى مع وجود بعض الأجزاء الرملية الخشنة. ويشق القاع مجرى يكاد يختفى بين المزارع والمساكن والبساتين، إلا أنه يظهر واضحاً فى مناطق الثنيات، حيث يترنح جهة اليمين وجهة اليسار ليقطع الطريق فى عدد كبير من النقاط ، معرضاً المزارع والمساكن لخطر واضح أو قد يتحرك لمسافات ليست قصيرة فوق الطريق ذاته.

وعلى جوانب الوادى يجرى العديد من المسيلات rills التى قد تتحول إلى مجارى أكبر Gullies ، والتى يمكن أن تنقل كميات كبيرة من مياه الجريان والرواسب إلى هذا الجزء من الوادى. كما يرفد الوادى عدداً من الروافد الأكبر نسبياً ومن أهمها أودية اخبار وسياج ونفوس (على الجانب الأيمن) ، والعمليات وعجلة (على الجانب الأيسر) ، وتنتهى هذه الأودية إلى الوادى الرئيسى فى شكل مراوح فيضية ليست واسعة ،ولكن سطوحها أعلى من مستوى السهل الفيضى ويزيد فيها الانحدار ،وهذا راجع إلى ما تجرفه هذه الوديان من مواد خشنة فى معظمها تستغل من قبل سكان الواحة فى عمليات السكن ،وتمثل الاتجاه الأمثل لنمو السكن وأن كان يتمثل بها بعض المشاكل والمخاطر.

وجدير بالذكر أن السدود القارية تلعب دوراً واضحاً فى شكل

المنطقة والوادى، وكذلك المياه الجوفية التى كان لها أثـــر واضـــح فـــى تكوين ووجود الواحة.

(هـــ) القطاع بين واحة فيران ومصب وادى الندية البيضاء:

ويمثل هذا القطاع الجزء الأخير من الوادى فى التكوينات الناريـــة ، حيث تبدأ التكوينات الرسوبية عند نهاية القطاع لتشكل الـــوادى حتـــى مصبه. وفى هذا القطاع يتجه الوادى من الجنوب الشرقى للشمال الغربـــى ،ويبدأ فى الاتساع بعد خروجه من خانق واحة فـــيران. ويزيـــد الاتســـاع بدرجة واضحة مع الاتجاه ناحية المصب ؛حيث يبدأ عرض قـــاع الـــوادى بمتوسط حوالى ٣٥٠ متر، ثم يصل إلى حوالى ٥٠٠ متر قـــرب نهايـــة القطاع، ويزيد عن ذلك فى مناطق مصبات الروافد ، والتى مـــن أهمـــها السمراء والبيضاء (على الجانب الأيسر) ورمانة (على الجـــانب الأيمـــن) والأخير يعتبر من أهم وأكبر روافد وادى فيران.

وينخفض انحدار القاع بشكل ملحوظ حيـــث لا يتعـــدى ٠,٦ مـــن الدرجة. كما يتميز باختلاف نوعية وحجم الرواسب فيه، حيث تميـــل إلـــى الخشونة والتى قد تصل إلى حد وجود جلاميـــد boulders ناتجـــة فـــى أغلبها عن انفصال بعض الكتل من جوانب الـــوادى الشـــديدة الانحـــدار؛ وتعمل حركة الجريان على تكسيرها وتســـوية جوانبـــها وأن كـــان مـــن المشكوك فيه إمكانية نقلها كما هى. وتوجد بعض الرواسب الأقل خشـــونة عند مصبات الأودية الشديدة الانحدار السريعة الجريان مثل شريف والطـــر والنهبان وامايم. كما توجد الرواسب الرملية التى تغطى اجزاء واسعة مـــن قاع الوادى، تزداد مساحاتها مع الاتجاه ناحية المصب واتساع القاع فـــى الوادى. ويتميز هذا القطاع بشدة انحدار جوانب الوادى ويميل السفح إلـــى

الاستقامة وان كانت تظهر بعض الأجزاء المقعرة والمحدبة. كما يتميز بوضوح المجرى، والذى يميل إلى التشعب فى الأجزاء التى يتسع فيها الوادى ،والتى يلتقى فيها مع مجارى الروافد التى تغذيه من الجانبين.

(و) القطاع بين وادى البيضاء وبداية دلتا الوادى:

ويبدأ من مصب وادى البيضاء وحتى بداية الدلتا عند الطرف الشمالى لجبل العكمة ويظهر على شكل قوس كبير ، يبدأ فى الشرق فى الاتجاه ناحية الشمال الغربى ،حتى مصب وادى نسرين ، ثم يتجه إلى الغرب حتى مصب وادى العيسية ،ثم يبدأ فى التحول إلى الجنوب الغربى حتى تقاطع طريق الطور مع الطريق المؤدى إلى سانت كاترين ، بعدها يبدأ فى الاتجاه إلى الغرب. ويتميز هذا القطاع بعدد من الميزات من أهمها:

١- أن هذا القطاع يمثل حوالى ما يقرب من ثلث طول الوادى الرئيسى بالكامل وعلى ذلك فهو يمثل أطول القطاعات جميعاً.

٢- أن الوادى فى هذا القطاع يجرى فى التكوينات الرسوبية التى تتغاير فى نوعيتها، ويخرج من التكوينات النارية والمتحولة، ولذلك يميل الوادى إلى الاستقامة نسبياً والتقوسات الواسعة الكبيرة، كما يزيد اتساع قاعه.

٣- يزيد اتساع الوادى عنه فى اى قطاع سابق حيث يتراوح متوسط العرض بين حوالى ٥٠٠ متر فى بداية القطاع ، ويصل إلى ما يقرب من ١٤٠٠ متر قرب نهايته .

٤- يوجد المجرى فى شكل متشعب حيث يتفرع وتلتقى فروعه على طول قاع الوادى وتتميز الشعاب رغم تداخلها بوجود مجرى رئيسى

واحد ،على حين تعتبر بقية المجارى ثانوية.

٥- يغطى قاع الوادى بكميات من الرواسب التى يزيد سمكها عن ٣٠ مترا (تبعاً لأعماق الآبار فى المنطقة) ، وهى تتكون فى أغلبها من الرمال الخشنة مع بعض الحصى والحصباء.

٦- تظهر جوانب الوادى منخفضة لا تزيد عن ٥٠ متر، وقد تنخفض إلى حوالى ٢٠ متراً فقط فى بعض الأجزاء. كما تظهر سفوحها فى شكل محدب أو مقعر ويغيب الجزء المستقيم منه.

٧- تظهر على طول الأجزاء الدنيا بعض المصاطب المستوية التى لا يزيد ارتفاعها عن عدة أمتار، كما تظهر ركامات الهشيم talus تغطى معظم الأجزاء الدنيا من السفوح ،وقد تظهر بعض الكثبان الرملية خاصة قرب مصب وادى خريزة، وذلك كنتيجة لعمليات التجوية السائدة فى تكوينات الحجر الرملى.

٨- توجد بعض المرتفعات على جانبى الوادى فى شكل تلال من أهمها جبال العيسية وقطار.

٩- تبعاً للمعطيات السابقة فان هذا القطاع يمثل بشكل عام منطقة فقد وضياع بالنسبة لعمليات الجريان فى الوادى ، وخاصة مع اتساع الوادى ، وتشعب مجراه ، وخشونة رواسب قاعه ، ونوعية التكوينات الجيولوجية.

(ز) قطاع دلتا الوادى:

وتبدأ قمتها بمجرد خروج الوادى من بين جبلى عكمه فى الجنوب ووثر فى الشمال ، وتظهر الدلتا على شكل مثلث قاعدته على ساحل خليج السويس. ويصل طولها إلى حوالى ٩ كم من القمة حتى رأس شرانيب

على خط الساحل ،كما يبلغ أقصى عرض لها من الجنوب إلى الشمال حوالى ١٢ كم. على حين تضيق عند القمة حتى تصل إلى ٠,٦ كم فقط. وتتكون فى معظمها من رواسب رملية خشنة مع بعض الحصى والحصباء والزلط ، وتزيد نسبة المواد الخشنة مع استواء السطح، والقرب من البحر ، وعدم توافر أى من أشكال الحماية الطبيعية.

ويتدرج انحدار سطح الدلتا فى اتجاه سطح البحر ويتراوح ارتفاعها عند القمة إلى حوالى ٨٠ مترا ، بينما يمثل خط الصفر ساحل الخليج نهايتها ، ويمر خط كنتور ٤٠ م فى وسطها فى شكل قوس يتجه من الشمال إلى الجنوب، على حين يمر خط ١٠ م بجوار الطريق الساحلى الذى يربط بين جنوب سيناء والنفق.

ويتفرع المجرى فوق سطح الدلتا إلى عدد من المجارى الواسعة الضحلة ،والتى تسير فى اتجاهات مختلفة ، وان كان يمكن تمييز ثلاثة مجارى واضحة ورئيسية تجرى فى النصف الجنوبى من الدلتا، على حين يجرى مجرى واحد فقط فى نصفها الشمالى.

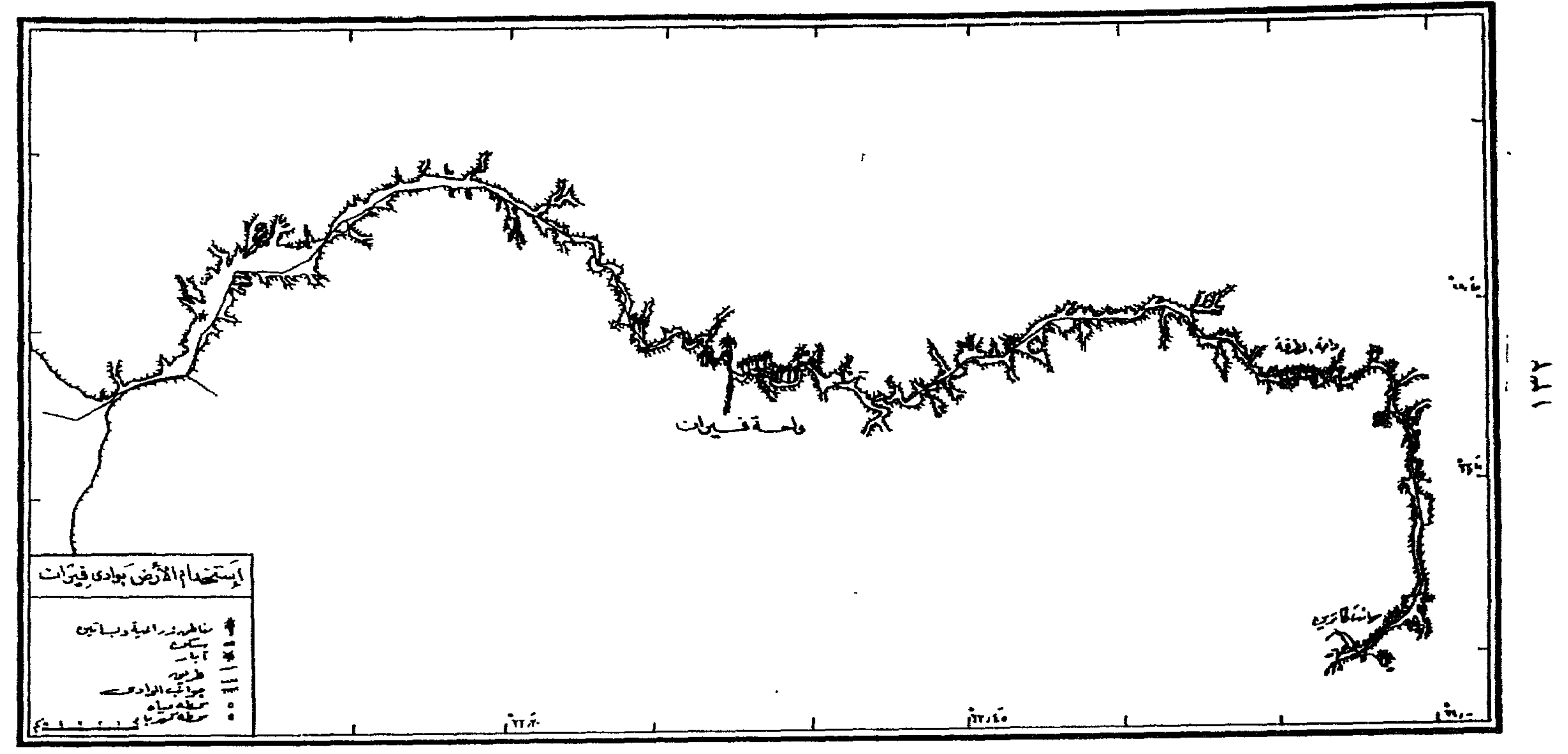
وتمثل هذه المنطقة منطقة فقد، بالنسبة لمياه الجريان ، كما هو الحال فى القطاع السابق ،إلا أنه يجب النظر إليها على أنها تمثل إحدى الأجزاء الهامة التى يمكن أن تقوم بها عمليات التنمية الزراعية بمجرد توفير المياه اللازمة لذلك.

سادسا: استخدام الأرض:

ويوضح الشكل رقم (٥) استخدام الأرض فى الوادى طبقاً لعملية المسح التى أجريت وكذلك المصادر الأخرى. ومنها يمكن ملاحظة أن أشكال العمران واستخدام الأرض تمتد على طول الوادى الرئيسى، حيث

تنتشر المزارع والمساكن والآبار بالإضافة إلى الطريق المعبد ، والذى يمثل المنفذ الوحيد إلى الداخل منطقة جنوب سيناء ، إلى الغرب حيث الطريق الساحلى المؤدى إلى غرب القناة. وتتركز أشكال استخدام الأرض فى عدد المناطق العمرانية ،لعل أهمها مدينة سانت كاترين وقرية واحة الطرفة ثم قرى واحة فيران ، بالإضافة إلى التجمعات البدوية وبعض الشركات العاملة فى المنطقة ، ويرجع تركزها فى باطن الوادى إلى توافر مصادر المياه الجوفية والتربة الخصبة ، بالإضافة إلى دور الطريق كعامل جذب هام ، مما جعل من باطن الوادى منطقة للتجمع والاستقرار.

وتحت ظروف تواجد أشكال العمران واستخدام الأرض فوق قاع الوادى فان أى جريان مائى فى الوادى أو حتى جزء منه لابد وأن يؤدى إلى عمليات تخريب وتدمير لأشكال الحياة المختلفة - وهذا ما حدث بالفعل خلال عمليتى الجريان السابق الإشارة إليهما، حيث لا تزال الآثار



شكل رقم (٥) استخدام الارض بوادى فيران

الناتجة عنهما واضحة للعيان، ويتمثل ذلك فى أشكال التآكل والتدمير على طول الطريق حيث أزيلت أجزاء كاملة منه. كما دمرت السيول العديد من المزارع، وأدت إلى ردم بعض الآبار عن طريق ما نقلته الروافد التى تجرى على سفوح جوانب الوادى من كميات كبيرة من الرواسب إليها، وقد حدث هذا لمعظم آبار مزارع المنطقة، مما يخلق مشكلة صعبة بالنسبة للمزارعين فى المنطقة. إلا أنه لم يلاحظ تهدم لمساكن أى من القرى. وربما هذا راجع إلى أن أى من البدو سكان هذه القرى لديه من الخبرات السابقة ما جعله ينتقى موقع منزله بعيداً عن الأماكن التى تتحرك فيها المياه، وأن كان هذا ليس صحيحاً فى كل الأحيان خاصة أمام عمليات الجريان القوية.

ومع ما توليه الدولة من اهتمام بالغ بتنمية هذه المناطق ومع زيادة النشاط السياحى واستغلال إمكانيات البيئة فى المنطقة ؛ فان باطن الوادى الرئيسى تمثل أكثر المناطق جذبا ، خاصة مع توافر خدمات الطريق والمواصلات والكهرباء والماء والخدمات الأخرى. مما يعنى أن مزيداً من الاستغلال للأرض والامتداد العمرانى وإقامة المشروعات سوف يكون لها مكان على أرض الوادى خلال الفترة القصيرة القادمة، وفى المقابل فان المشكلة سوف تزداد حدة وخطورة.

ومع ملاحظة أن أغلب المشروعات التى تنفذ عن طريق الدولة أو الأفراد لا يراعى فى إقامتها ظروف وطبيعة الجريان فى الوادى، وخاصة من حيث حركة واتجاه الجريان وكميته وتكراره، ويكون ذلك أما نتيجة لعدم توافر الدراسات التفصيلية السابقة عن مواقع إقامة هذه المشروعات والظروف الطبيعية المحيطة بها، أو لعدم توافر الخبرة، أو ربما لارتفاع التكلفة ،وهذا وضح تماماً فى أشكال العمران الحديثة وخاصة المدارس

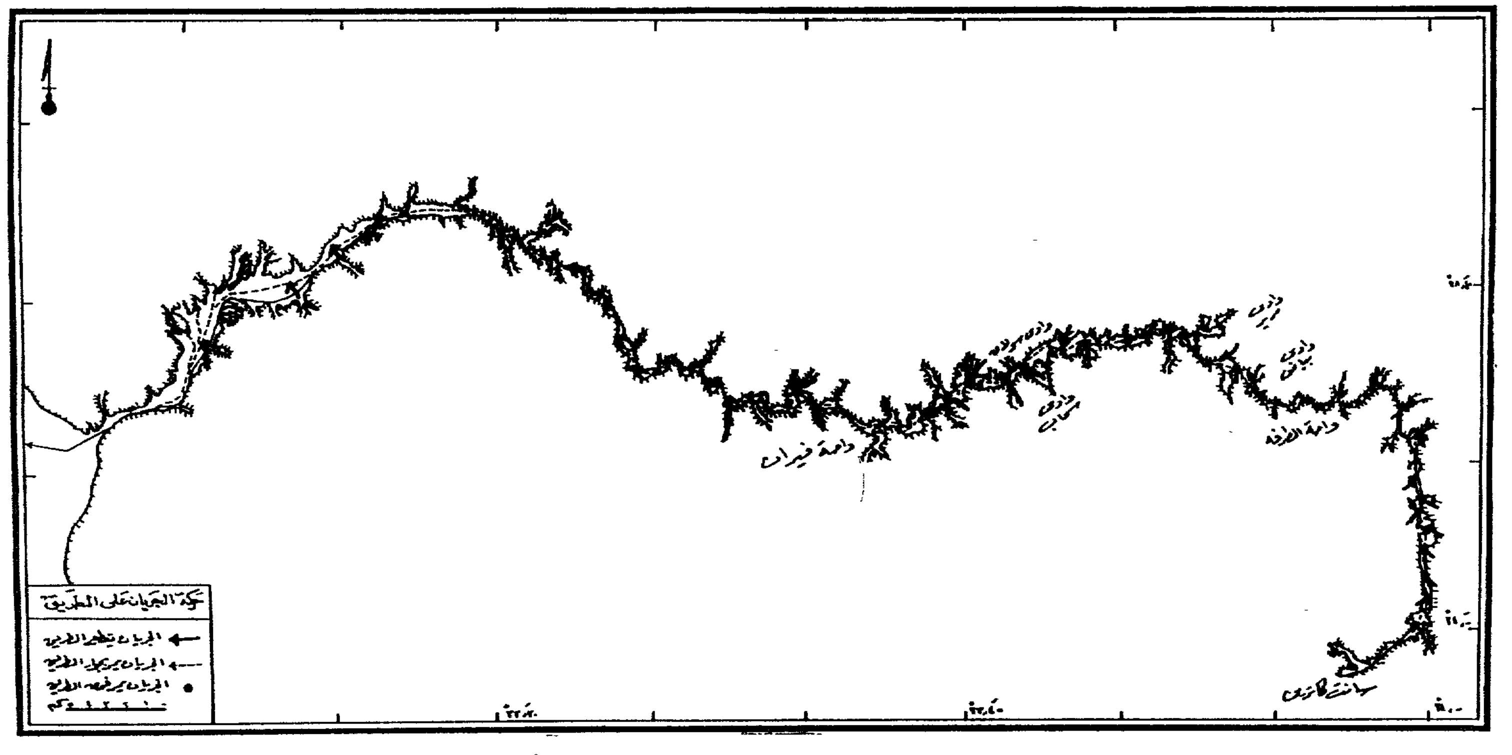
والوحدات الصحية ومراكز الخدمات المختلفة ، هذا بالإضافة إلى الطريق ذاته بوضعه الحالى وطريقة بنائه، مما سوف يؤدى إلى زيادة حدة المشكلة وتعقيدها ، ان لم يتم تدارك هذا الخلل وبسرعة.

لذلك فان هذه الدراسة ورغم ما تقدمه من حلول للمشكلة على طول الوادى ككل إلا انه لابد من توجيه نظر المسئولين إلى حجم المشكلة وضرورة الحاجة إلى المزيد من الدراسات التفصيلية.

سابعا: حركة واتجاه الجريان على قاع الوادى:

من الدراسة الميدانية وعمليات المسح على طول قاع الوادى وفحص الخرائط المصورة، والخرائط الطبوغرافية أمكن التعرف على اتجاهات الجريان وتحديد حركته على قاع الوادى وعلاقته بالطريق ووضعه بالنسبة لأشكال استخدام الأرض الأخرى ، وهذا واضح من الشكل رقم (٦). وبصفة عامة فانه يمكن تقسيم هذه الحركة إلى ما يلى:

١- أماكن يتحرك فيها الجريان فى مجرى محدد -أو ربما أكثر من مجرى- يقع على أحد جانبى الطريق الممتد بطول الوادى.. وتتمثل هذه الأماكن بصفة أساسية فى الأجزاء التى يتسع فيها قاع الوادى وتتركز فى الجزء الأدنى من الوادى، حيث يشق مجراه فى التكوينات الرسوبية (فى القطاعات المحصورة بين مصب وادى رمانة وحتى الخليج من الوادى).



شكل رقم (٦) حركة الجريان على طول الطريق

كما تتمثل فى بعض الأجزاء الأخرى من الوادى. كما هو فى الجزء الواقع بين واحتى الطرفه وفيران. وكذلك أجزاء صغيرة بين مصب وادى اسباعية شمال مدينة سانت كاترين وحتى مدخل الطريق المؤدى إلى مطار كاترين ومدينة نويبع ،حيث يتسع قاع الوادى فى كلتيهما نسبياً.

ويلاحظ على المجرى فى هذه الأجزاء انه ضحل وواسع. وكما ذكر من قبل أن هذا المجرى قد يتشعب إلى أكثر من مجرى خاصة فى حالة التحام مجارى الروافد واتصالها به ،حيث يشق الرافد مجراه فوق باطن الوادى الرئيسى لمسافة ما قبل أن يتصل بالمجرى الرئيسى. كما يتشعب المجرى الرئيسى للوادى كنتيجة لانخفاض سرعة الجريان مع الحمولة الكبيرة من الرواسب، أو وجود بعض العوائق فى المجرى مثل الشجيرات أو الجلاميد الكبيرة، وكذلك مع اختلاف التضاريس الدقيقة فوق قاع الوادى، وبصفة خاصة فى الأجزاء الواسعة.

٢- أماكن يقطع فيها الجريان قاع الوادى فى اتجاه شبه عمودى على اتجاه الوادى الرئيس أو بميل عليه وينتج هذا عن:

(أ) اندفاع الجريان من الروافد الجانبية فى نفس اتجاهها بعد اتصالها بالوادى، وخاصة فى حالة الروافد الشديدة الانحدار. مما يؤدى إلى قطع الطريق فى نقط تقاطع مختلفة. وتتمثل هذه الحركة على طول أجزاء الوادى.

(ب) كنتيجة للتغاير الذى يحدث فى اتجاه حركة الجريان فى مناطق الثنيات حيث يتحرك الجريان بين الجانب المحدب والجانب المقعر وبالعكس. ومع ازدياد عدد الثنيات فى بعض الأجزاء فان هذا يؤدى إلى تأرجح المجرى بين جوانب الوادى قاطعاً القاع قدوماً ورواحا ، ويتمثل هذا بوضوح فى واحتى الطرفة وفيران، مما يؤثر على الطريق والمزارع

الواقعة داخل حيز قاع الوادى.

٣- فى بعض الأماكن الضيقة (المضايق) تتحرك المياه فوق الطريق مباشرة كنتيجة لضيق قاع الوادى ومد الطريق فيها.

ثامنا: أشكال النحت والتدمير فى الطريق ومظاهر العمران:

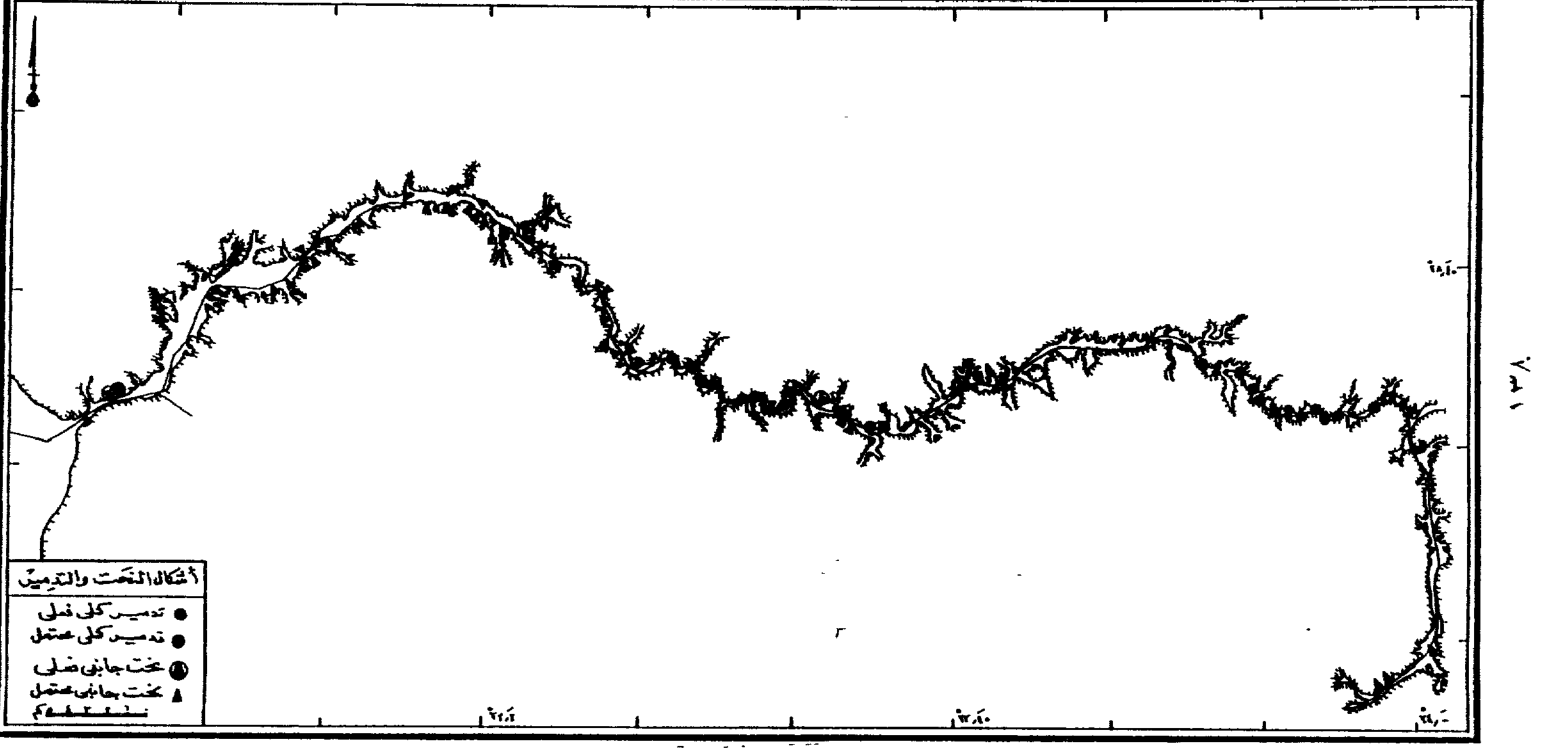
يوضح الشكل رقم (٧) أهم أشكال النحت والتدمير التى وقعت بالفعل نتيجة جريان السيلين السابقين، والمناطق التى لم يحدث بها تدمير ولكن يحتمل أن يقع فيها فى المستقبل ، وخاصة مع عمليات الجريان القوية، وذلك تبعاً للمؤثرات التى أمكن استخلاصها من عملية المسح وما توافر من معلومات نتيجة لفحص الخرائط المصورة والطبوغرافية وكذلك الخرائط التى وردت فى الجزء السابق من هذا البحث.

ويمكن تقسيم عمليات النحت والتدمير التى وقعت فعلاً على استخدامات الأرض بالوادى إلى نوعين أساسيين:

١- مناطق تم فيها تدمير الطريق تدميراً كاملاً كما شمل التدمير بعض المزارع وردمت الآبار بها. وقد تمثلت هذه الظروف فى منطقتين أساسيتين هما واحتى الطرفة وفيران وقد نتج ذلك عن:

(أ) تميز هذه المناطق بخصائص مورفولوجية معينة من أهمها كثرة الثنيات والانحناءات فى المجرى والوادى ، ووجود الوادى على شكل خانقى ضيق.

(ب) أثرت هذه الخصائص على حركة واتجاه الجريان، حيث



شكل رقم (٧) اشكال النحت والتدمير

كان للتغاير فى اتجاه الجريان أثر كبير فى زيادة نسبة المناطق المدمـــرة والتى تم نحتها على طول باطن الوادى .

(جـ) أدى تركز الاستخدام البشرى ومظاهر العمران فى هـــاتين المنطقتين بكثافة عالية إلى أن أى انحراف أو تغير فى اتجاه الجريان لابـد وأن يؤدى إلى عملية نحت وتدمير فى أى من أشكال استخدام الأرض.

٢ - مناطق تم فيها النحت والتدمير بشكل جزئـى، حيـث تـم نحت أجزاء من جوانب الطريق، أو تآكل أسوار المزارع أو أجزاء منـــها ،ويتمثل هذا الشكل فى أجزاء وقطاعات كبيرة من الوادى. ويرجع النحـت الجزئى هنا إلى تحرك الجريان فى مجرى مجاور للطريـق ثـم انحرافـه ناحية الطريق تحت بعض الظروف، على سبيل المثال: الاختلاف فى شـكل قاع المجرى أو الانحناءات الخفيفة. ويمكن حصـر هـذا الأسـلوب فـى قطاعين اثنين من الوادى الأول منها: القطاع الواقع بين واحتى الطرفـــه وفيران والثانى القطاع الذى يلى واحة فيران مباشرة (إلى الغرب منـــها) وحتى مصب وادى أبو طريفية. وجدير بالذكر هنـا أن ارتفـاع منسـوب الطريق فوق قاع الوادى بدرجة كبيرة وخاصة فى الأجزاء التى يجـــاوره فيها المجرى مع عدم توافر أى من أشكال الحماية والتكسية، قد أدى إلـى زيادة فرصة النحت والتآكل فى الأجزاء المكشوفة من جوانـــب الطريـق وبالتالى تدمير الطريق ذاته .

كذلك يتضح من الخريطة (شكل رقم ٧) أن هناك بعض المنـــاطق التى يمكن أن تتعرض لعمليات تدمير كامل أو نحت جزئى فـى المسـتقبل خاصة مع جريان السيول القوية . وتتركز هذه المناطق فى النقـاط التـى يقطع فيها المجرى الطريق ، وكذلك فى المناطق التى تمتد بـــها أشـكال

العمران، ولكن لم تتعرض لتأثير كلاً السيلين السابقين، وتعتبر أجزاء من مدينة سانت كاترين وما يتبعها من القرى السياحية والمخيمات المنتشرة للشمال مباشرة من المدينة .

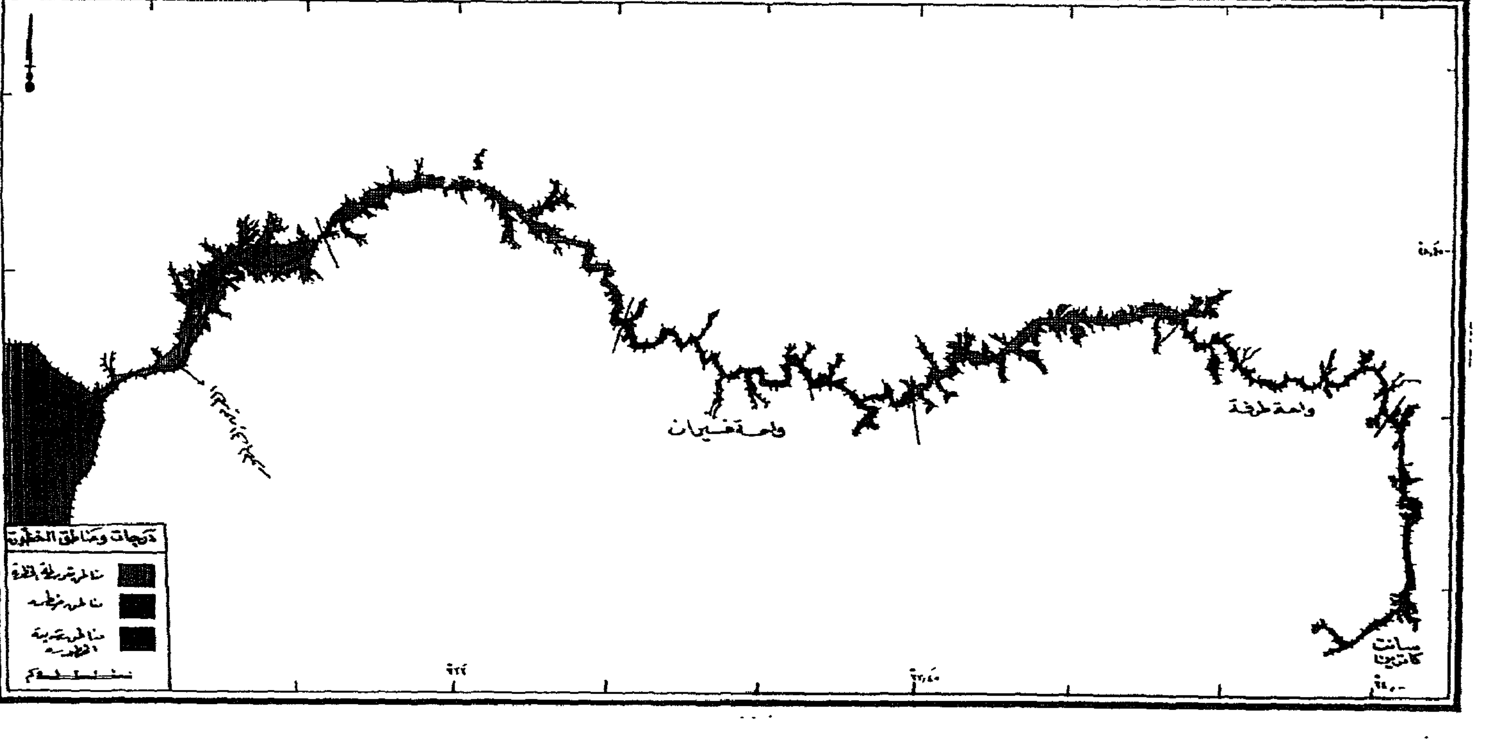
والجزء الواقع قبل ممر واطيه والقطاع الواقع قبل مصب وادى رمانة من أهم المناطق التى يمكن أن تتأثر بشكل كبير فى المستقبل وخاصة تحت ظروف السيول القوية.

كما أن هناك احتمال لحدوث جزئى فى بعض المواقع كما هو فى القطاعات الواقعة إلى الشمال من مصب وادى اسباعية (شمال سانت كاترين) ، وبعض الأجزاء الواقعة بين واحتى الطرفة وفيران وللغرب من مصب رمانة حتى قمة دلتا الوادى ، وهو قطاع كبير جداً من الوادى تحت هذه الظروف المحتمل حدوثها فى المستقبل.

تاسعا: درجات ومناطق الخطورة:

تختلف درجات الخطورة بين جزء وآخر من الوادى كما تختلف مناطقها، وتبعاً للمعطيات والظروف السابقة فانه يمكن تقسيم الوادى تبعاً لدرجات الخطورة إلى ثلاثة أقسام رئيسية توضحها الخريطة (شكل رقم ٨) وهى كالتالى:

(أ) مناطق شديدة الخطورة: ويقصد بها تلك المناطق التى يحدث بها تدمير كلى مع أى عملية جريان، سواء فى الطريق أو أشكال العمران والاستخدامات الأخرى. وتتركز بصفة أساسية فى ثلاث مناطق أساسية هى مدينة سانت كاترين وواحة الطرفة وواحة فيران. ومن



شكل رقم (٨) درجات ومناطق الخطورة

الواضح أن هذه المناطق الثلاث تمثل مناطق التركز السكانى والامتداد العمرانى الحالى والمستقبلى كما تضم العديد من المشروعات والمزارع والآبار. كما أنها تتميز بخصائص جيومورفولوجية معينة مما يؤدى إلى زيادة درجة الخطورة بشكل كبير.

٣- مناطق خطرة: وهى تلك المناطق التى يمكن أن تتعرض لنحت أو تدمير جزئى فى حالة السيول المتوسطة والمنخفضة، أو تدمير ونحت كلى فى حالة السيول القوية. وتتمثل فى ثلاث مناطق هى: المنطقة الواقعة إلى الشمال من مدينة سانت كاترين ،والأجزاء التابعة لها وحتى ممر واطيه. ثم المنطقة المحصورة بين واحتى الطرفة وفيران وأخيراً المنطقة الواقعة إلى الغرب من واحة فيران وحتى شرق مصب وادى أبو طريفية. وتتميز هذه المناطق بانخفاض واضح فى عمليات استخدام الأرض، وان كانت تمثل المناطق المستقبلية.

وجدير بالذكر انه يمكن وضع المنظمة شمال مدينة كاترين إلى ممر واطيه ضمن المنطقة الشديدة كما هو فى الشكل رقم (٩) وذلك إذا أخذ فى الاعتبار عمليات التنمية التى سوف تتم فيها فى المستقبل لعمليات التنمية والامتداد العمرانى.

٤- مناطق متوسطة الخطورة أو أقل خطورة. وتتمثل فى القطاع الواقع إلى الغرب من وادى أبو طريفية وحتى مصب الوادى الرئيسى فى الخليج شاملاً دلتا الوادى. وهو قطاع كبير من الوادى ويتميز بانخفاض واضح فى عمليات الاستغلال والتجمعات السكنية رغم الاتساع الواضح لقاع الوادى، وأن كان لظهور بوادر وفرة المياه الجوفية وخاصة فى نطاق تكوينات الحجر الرملى ،ومع استغلال مياه السيول يمكن أن تصبح المنطقة ذات أهمية خاصة لعمليات

الاستصلاح والزراعة والتنمية المستقبلية فى المنطقة.

عاشرا: طرق وأساليب الحماية وتجنب الأخطار:

فيما يلى بعض المقترحات من الأساليب والطرق التى يمكن تطبيقها بغرض الحماية شبه الكاملة للطريق المعبد، والتى يمكن أن تعمل على تحييد وتجنب الأخطار بالنسبة لأشكال الاستخدام البشرى المختلفة فى المنطقة. وتأخذ هذه الأساليب فى اعتبارها ضرورة استغلال مياه السيول التى تمثل أحد الموارد الطبيعية ذات القيمة العالية، والتى يمكن أن تساهم بدرجة كبيرة فى مجالات التنمية فى المنطقة. وتوضح الخريطة شكل رقم (٩) هذه الأساليب والطرق المقترحة ومواقعها على طول الوادى وبشكل عام يمكن إجمال هذه الأساليب والطرق فيما يلى:

أولا: يقترح إقامة عدد من السدود الترابية الركامية Earth-Rock Fill dams على الأجزاء الدنيا لعدد من الروافد التى تغذى الوادى الرئيسى بالفيضان ،ويقترح إنشاء ثلاثة سدود من هذا النوع على أودية الأخضر وسولاف ورمانة والمواقع المقترحة لهذه السدود موضحة فى الخريطة شكل رقم (٩). ومما يجدر ذكره أن اقتراح هذه السدود قد تم على أساس عدد من الاعتبارات يمكن إيجازها فيما يلى:

١- كبر مساحات هذه الأودية الثلاثة حيث تمثل أحواض تصريفها ما يقرب من نصف إجمالى مساحة حوض وادى فيران بالكامل (٤٨,٣%) ،كما تتراوح كثافة التصريف فى شبكاتها بين ٥-٨ كم/كم^{2}.

شكل رقم (٩) طرق الحماية واستغلال مياه السيول

٢- في السدين المقترحين على واديي سولاف والأخضر روعى في توقيعهما إمكانية منع وصول الجريان إلى الوادى الرئيسى في منطقة واحة فيران حيث يصب كلا الواديين للشرق من الواحة مباشرة وفي منطقة واحدة في الوادى، مما يعمل على حدوث قمة جريان قوية في حالة وصول الجريان من كلا الواديين في وقت واحد أو متقارب إلى الوادى الرئيسى. ولذلك فلابد من تحجيم الجريان وتقييده في هذه المنطقة.

روعى في اختيار موقع كلا السدين السابقين ضرورة وجودهما في أقرب مكان ممكن لمصبيهما حتى تعطى الفرصة كاملة لتجميع مياه الجريان من كلا الحوضين بالكامل.

٤- إقامة السدين بأقل تكلفة ممكنة حيث تم اختيار موقعهما في أماكن ضيقة من قطاعات الأودية.

٥- تسمح هذه الأماكن بوجود خزان ضيق وعميق أمام السدين مما يعطى الفرصة لتجميع المياه واستغلالها في الأنشطة البشرية المختلفة ،خاصة من قبل سكان واحة فيران. كما يمكن استغلالها في بعض الأجزاء الواسعة المتمثلة في بطون الروافد، وخاصة في وادى سولاف حيث تتوافر مساحات واسعة مستوية بها تربة ناعمة ، مما يمكن من إنشاء بعض المزارع وهى مناطق مجاورة للخزانات.

٦- مما لاشك فيه أن تجمع المياه أمام السدين سوف يعمل على تغذية recharge المياه الجوفية ورفع منسوب الآبار فيها، وأن كان ذلك يحتاج إلى المزيد من الدراسات التفصيلية خاصة وأن وجود السدود النارية Dykes في المنطقة قد يؤثر على حركة هذه المياه.

٧- وفي حالة سد وادى رمانة فان موقعه في الجزء الأدنى

من الوادى سوف يعمل على:

(أ) تجميع مياه الجريان التى تنقلها شبكة التصريف وعدم وصولها إلى الوادى الرئيسى مما يقلل من خطورة الجريان فى الجزء الأدنى من الوادى الرئيسى الواقع بعد مصب رمانة. خاصة وأن وادى رمانة تزداد به درجات الانحدار ، ويميل حوضه إلى الاستدارة وترتفع به كثافة التصريف ، ويتكون سطحه من الصخور النارية والمتحولة العارية من الرواسب والمفتتات ، مما يوضح أنه من الأودية ذات الجريان القوى والفعال .

(ب) تجمع المياه أمام السد فى الموقع المقترح سوف يتيح الفرصة لاستفادة عدد من القرى الواقعة داخل الوادى قرب الموقع ومن أهمها قرى اليانس وأم القصور ،بالإضافة إلى بعض البدو المتجمعين حول الآبار المنتشرة فى المنطقة مثل بئر راتمة وبئر ونسرين. كما يمكن الاستفادة من المياه فى زراعة بعض الأجزاء الواسعة فى بطون الروافد القريبة.

(جـ) سوف يؤدى وجود المياه السطحية إلى تغذية المياه الجوفية القريبة من السطح (خزان الرواسب السطحية) ؛ مما يعمل على ارتفاع منسوب مياه الآبار فيها، وبالتالى يعطى الفرصة لمزيد من التجمعات البدوية وتعمير المنطقة.

ثانيا: إقامة بعض الحواجز الترابية والحصوية قليلة التكلفة لغلق مجارى بعض الروافد ، وذلك باستخدام الرواسب المفككة المتوافرة بكميات كبيرة فى بطون هذه الأودية. ويعمل وجود هذه الحواجز على تخفيف حدة الجريان فى الوادى الرئيسى من جهة. وتغذية المياه الجوفية

السطحية من جهة أخرى. والأماكن المقترحة على الأودية هي كالتالى (شكل رقم ٩).

١- وادى اسباعية (شمال مدينة سانت كاترين).

٢- وادى عجلة (يصب فى واحة فيران) وينبغ من جبل عبورة.

٣- وادى نفوس (يصب فى الطرف الغربى من واحة فيران) وينبع من جبل الجوزة.

٥- وادى القصير (يصب غرب واحة فيران).

ثالثا: يقترح إنشاء مجرى صناعى لتجميع مياه السيول بدءاً من أمام مصب وادى أبو طريفية ليقوم بتوصيل وتجميع هذه المياه فى خزان صناعى ويقترح حفره عند قمة دلتا الوادى الرئيسى. وسوف يعمل هذا على:

١- حماية الطريق فى جزء كبير منه، وكذلك توفير الحماية لأشكال النشاط البشرى المختلفة المتوقع إقامتها مع خطط التنمية المستقبلية فى هذا القطاع.

٢- تجميع المياه فى هذا الخزان سوف يوفر مياه سطحية يمكن استخدامها فى عمليات الشرب والزراعة. كما أن عملية التسرب من قاع وجوانب الخزان سوف تعمل على تغذية طبقة الرواسب السطحية وعدم تقدم مياه البحر (الخليج) داخلها ، مما يمكن من حفر آبار سطحية تحت ظروف التوازن التى سوف تتوفر نتيجة لذلك ، وبالتالى استغلال دلتا الوادى.

٣- أن الخزان سوف يعمل على تجميع الرواسب الناعمة

المنقولة مع مياه الجريان، مما يمكن من الاستفادة منها بنقلها لسطح الدلتا لتقليل الخشونة فى تربتها ، أو على الأقل فى بعض المزارع التى يمكن أن تنشأ فوقها.

٦- يمكن تصميم المجرى بحيث يستطيع استقبال مياه الروافد الواقعة على كلا الجانبين على طول قطاعه. وهو بهذا يكون مكملاً فى عمله مع السدود السابق اقتراحها كنظام متكامل يعمل على توفير الحماية من جهة ، واستغلال كل قطرة من مياه الجريان من جهة أخرى.

رابعا: بالإضافة إلى المقترحات السابقة فانه يمكن تقديم مقترحات إضافية تساعد فى محاولة تفادى الأخطار الواقعة على الطريق وحمايته منها وتتلخص فيما يلى:

١- المناطق التى يرتفع فيها منسوب الطريق فوق مستوى قاع الوادى وهو الوضع الذى يؤدى إلى تآكلها ونحتها. يقترح خفض مستوى الطريق فى هذه الأجزاء إلى نفس مستوى باطن الوادى الذى يمتد فوقه وتتمثل هذه الأجزاء فى منطقتين أساسيتين هما : منطقة واحة الطرفة ومنطقة واحة فيران. بالإضافة إلى جزء آخر صغير من الطريق يقع للشرق من مصب وادى أبو طريفية (شكل رقم ٩).

٢- أماكن يضيق فيها الوادى ويصبح الجريان مركزاً فوق الطريق ولذلك يلزم خفض منسوب الطريق إلى منسوب أدنى من قاع الوادى خلال مسافات لا تمتد أكثر من عشرات الأمتار حتى يتسنى لمياه الجريان التحرك بسهولة. والمواقع المقترحة لتنفيذ ذلك يوضحها شكل رقم (٩) وهى كالتالى:

(أ) الجزء الواقع للشمال من مصب وادى الراحة فى الوادى

الرئيسى داخل مدينة سانت كاترين.

(ب) ممر واطيه.

(جـ) جزء واقع غرب مصب وادى سهب (فى القطاع المحصور بين الواحتين).

(د) الجزء الواقع عند مصب وادى أبو طريفية.

٣- أجزاء من الطريق تتعرض للقطع نتيجة الثنيات والاختلافات فى اتجاه المجرى الرئيسى أو اتصال بعض الروافد الجانبية به ، مما يؤدى لعبور الجريان من فوق الطريق فى نقاط معينة ،ومع عملية العبور تقوم المياه بعملية النحت التراجعى على الطريق Headword erosion ونحته وتآكله فى هذه النقاط. والأسلوب الأمثل لمثل هذه الحالة هو خفض الطريق فى نقاط العبور إلى منسوب أدنى من منسوب المجرى الذى يقطع الطريق. وكذلك تكسيه الأجزاء التى تمثل امتداد المجرى على جانبى الطريق باستخدام الجلاميد النارية مع مادة لاحمة، ولمسافة عدة أمتار على الجانبين يعمل على زيادة الحماية والتأمين من عمليات النحت والتآكل حيث تسمح هذه الطريقة للمياه بالمرور دون التأثير على الطريق. ويمكن حصر القطاعات التى نتعرض لهذه العملية من الطريق فى ثلاثة مناطق هى كالتالى:

(أ) القطاع من شمال مصب وادى اسباعية وحتى ممر واطيه (شمال مدينة سانت كاترين).

(ب) القطاع المحصور بين واحتى الطرفة وفيران.

(جـ) القطاع الواقع إلى الغرب من واحة فيران وحتى مصب وادى نسرين (يقع للغرب من رمانة).

٤- قطاعات من الطريق تحتاج إلى عمليات تكسيه من أحد الجوانب أو كلا الجانبين ، وتتركز فى الجزء الواقع غربى واحة فيران وحتى مصب وادى العيسية. ويجب ان نستخدم مواد أخرى غير الحجر الجيرى فى عملية التكسيه ، نظراً لانخفاض صلابته من جهة وتعرضه لعمليات التجوية والتحلل وتأثره بفعل الذوبان من جهة أخرى، ولذلك فانه من الأفضل استخدام إحدى الأساليب التالية:

(أ) التكسيه باستخدام الكتل الأسمنتية الكبيرة الحجم (يستخدم هذا الأسلوب فى أجزاء من الطريق الذى يقطع وادى وتير بشرق سيناء).

(ب) يمكن استخدام طريقة السلك الشبك المملوء بمفتتات من الزلط ويفضل أن تكون مفتتات من أصل نارى أو متحول وهى تغطى جزء كبيرة من سفوح وبطون الأودية فى المنطقة.

(جـ) يمكن استخدام حوائط خرسانية ذات رؤوس على شكل حرف (T) ، أو على شكل (زجزاجى) ؛ مما يعمل على كسر حدة الجريان فى حالة انحرافه على جانب الطريق.

خامسا: يمكن إقامة بعض الأسوار لحماية المزارع المنتشرة على طول الوادى ويمكن استخدام طريقة السلك الشبك المملوء بالمفتتات النارية والسابق الإشارة إليها، وبارتفاع ١-١/٢ ١ متر فقط. وهى طريقة إلى جانب رخصها فانها تمثل أفضل الأساليب المتبعة حالياً فى عمليات الحماية من اخطار السيول وتستخدم على نطاق واسع فى مناطق كثيرة لها نفس الطرق مثل منطقة عسير بجنوب غرب المملكة العربية السعودية

ومنطقة الباطنة بسلطنة عمان.

سادسا: إلى جانب الأساليب والطرق السابقة فانه ينصح بعدم إقامة أى مشروعات فى المنطقة دون دراسة تفصيلية مسبقة وكافية على شبكات التصريف وعمليات الجريان وجيومورفولجية المنطقة. كما يجب أن يراعى الاختلاف الواضح بين طبيعة هذه البيئات وتلك الأماكن الواقعة فى بيئات مختلفة، ومن ثم فان تطبيق اساليب ناجحة فى مناطق اخرى ليس بالضرورة أن يلاقى نفس النجاح فى هذه المناطق المختلفة عنها.

فضلاً عن هذا فقد بات من الضرورى العناية بتوفير بعض البيانات الضرورية لإقامة دراسات متكاملة عن الجوانب المشار إليها مثل إقامة محطات الأرصاد الجوية ، ومحطات قياس سرعة ومنسوب الجريان على طول الأودية الكبيرة ،والتى يتركز بها نشاط وتجمع بشرى ، أو التى يمكن أن تقوم بها مشروعات تنمية مستقبلية.

سابعا: من الضرورى وضع العلامات الإرشادية التى توضح عدم استخدام الطريق عند وصول مياه الجريان إلى ارتفاع أو منسوب معين وهو الحد الذى يمثل الخطورة كما يجب توفير الأماكن اللازمة للتوقف قبلها فى حالة وجود السيول حتى يمكن للسيارات الاحتماء فيها.

بيان بخرائط الموضوع:

إخطار السيول على استخدامات الأرض فى وادى فيران بجنوب سيناء.

خريطة رقم (١) توضح الموقع والشكل العام لوادى فيران بسيناء.

خريطة رقم (٢) شبكة التصريف فى حوض وادى فيران.

خريطة رقم (٣) مورفولوجية الوادى الرئيسى.

خريطة رقم (٤) انحدار قاع الوادى الرئيسى.

خريطة رقم (٥) استخدام الأرض فى وادى فيران.

خريطة رقم (٦) حركة واتجاه الجريان على قاع الوادى.

خريطة رقم (٧) أشكال النحت والتدمير فى الطريق ومظاهر العمران.

خريطة رقم (٨) درجات ومناطق الخطورة فى وادى فيران.

خريطة رقم (٩) طرق وأساليب الحماية واستغلال الجريان.

قائمة المصادر والمراجع:

أولا: الخرائط والصور الجوية:

١- الخرائط الطبوغرافية (مقياس ٥٠ ألف - طبعت بإدارة المساحة العسكرية سنة ١٩٨٨).

لوحات: جبل أم علوى - جبل أم شومر - جبل كترينة - جبل سربال - جبل بنات - جبل أم بجمه - أبو رديس - عكمه - بلاعيم.

٢- الخرائط الجوية (موازيك) (مقياس ٥٠ ألف انتجت بإدارة المساحة العسكرية سنة ١٩٦٦ وعملت من الصور الجوية التى تم تصويرها عام ٥٥ - ١٩٥٦).

لوحات أرقام: ٨٥ ، ٨٦ ، ٨٧ ، ٨٨ ، ٩٤ ، ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٧ ، ٩٨.

٣- لوحات فضائية (LANDSAT) لوحة جنوب سيناء، مقياس ١ : ٥٠٠، مركز الاستشعار عن بعد - أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، جمهورية مصر العربية.

٤- الخريطة الجيولوجية مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠ جنوب سيناء (خريطة مصر الجيولوجية).

الهيئة المصرية العامة للبترول - كونكو كروال.

٥- Geological and Petroleum, Mineral and Construction Material Potential Map of Sinai Peninsula (Based on Landsate Images, 1872-1975) by El Shazly, E.M., and others (May 1980) scale 1: 250,000.

Remote Sensing Center, Academy of Scientific Research and Technology, Cairo, Egypt.

ثانيا: المراجع:

١- أحمد سالم صالح (١٩٨٥) حوض وادى العريش - دراسة جيومورفولوجية رسالة دكتوراه غير منشورة - جامعة القاهرة - كلية الآداب - قسم الجغرافيا.

٢- أحمد سالم صالح (١٩٨٩) الجريان السيلى فى الصحارى - دراسة فى جيومورفولوجية الأودية الصحراوية.
معهد البحوث والدراسات العربية - سلسلة الدراسات الخاصة (رقم ٥١) القاهرة.

٣- أحمد سالم صالح (١٩٨٩) الأخطار الطبيعية على القطاع الشرقى من طريق نويبع / النفق الدولى - دراسة جيومورفولوجية. المجلة الجغرافية العربية (صادرة عن الجمعية الجغرافية المصرى) العدد ٢١.

٤- Saleh, A.S. (1990) Geomorphological Effects of A torrential Flood in Wadi El-Atfeehny, the Eastern Desert of Egypt.
Bull. Soc. Géoger. d'Egypte. Tome LXIII.

٥- محمد رمضان مصطفى (١٩٨٧) حوض وادى فيران - دراسة جيومورفولوجية.
رسالة ماجستير غير منشورة - جامعة عين شمس - كلية الآداب - قسم الجغرافيا.

أودية شمال سلطنة عمان

دراسة فى الجيومورفولوجيا الكمية





مقدمه:

لا تزال الأودية فى المناطق الجافة فى حاجة إلى المزيد من الدراسات والأبحاث الأساسية والتطبيقية حتى يمكن التعرف على جوانبها وخصائصها الجيومورفولوجية المختلفة، تمهيداً لاستغلالها الاستغلال الأمثل. وقد كان لنقص البيانات الخاصة بقياسات كل من المطر والجريان والرواسب، وكذلك النقص فى الخرائط والصور الجوية أثره الواضح فى عدم قيام مثل هذه الدراسات وتأخرها لفترة طويلة.

وفى الفترة الأخيرة توافرت بعض من هذه القياسات بالإضافة إلى توافر الخرائط والصور الجوية، بما يمكن أن يساعد فى هذا المجال. ورغم قصر مدة التسجيل إلا أن ذلك يعد دافعاً وحافزاً لقيام بعض الدراسات الأساسية التى تكشف عن مكنون هذه الأودية وخصائصها المختلفة. فضلاً عن أنها تمثل حجر الزاوية لأية عملية تنمية، أو استغلال فعلية لهذه المناطق.

وقد كانت سلطنة عمان من الدول السباقة فى مجال القياسات على مستوى المنطقة. حيث استطاعت خلال فترة وجيزة هى عمر النهضة الحديثة فيها من أن تقيم العديد من الخطط التنموية التى تقوم على أسس علمية سليمة. وكان للتنبه إلى القصور الواضح فى الإمكانيات المائية أثره الفعال فى محاولة استغلال كل الموارد المتاحة، وعليه فقد تم إنشاء سلسلة من محطات قياس الجريان على عدد كبير من الأودية، مما وفر بعض البيانات الضرورية لعمليات البحث ووضع الطرق المناسبة

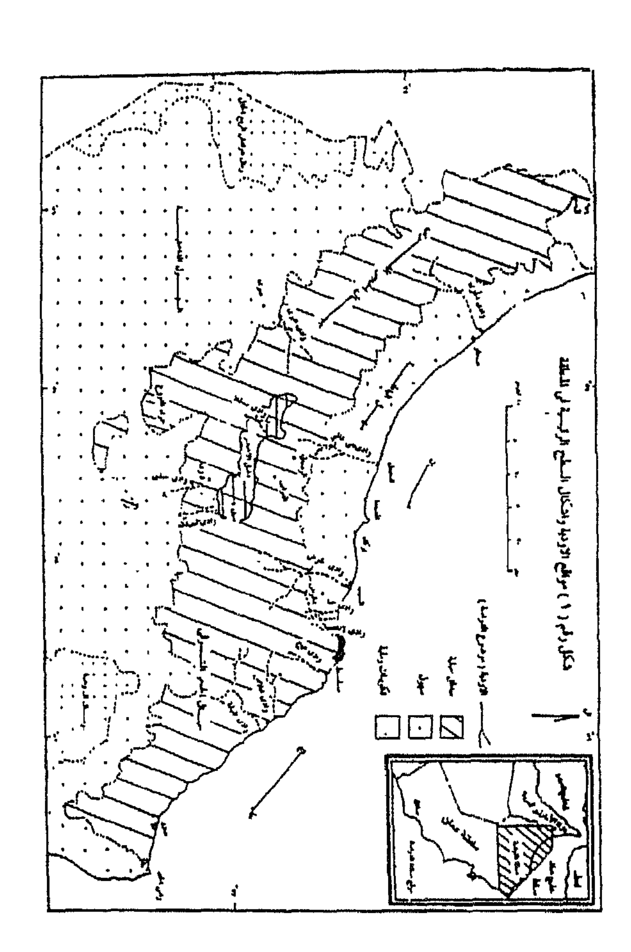
للاستغلال. كما توافرت الخرائط والصور الجوية بمقاييسها المختلفة، فضلاً عن لوحات الاستشعار وكذلك الدراسات الأساسية التى تساعد فى هذا المجال.

وتحاول هذه الدراسة تبعاً لما توافر لديها من قياسات وبيانات أن تلقى الضوء على الجوانب الكمية للأودية الصحراوية، من خلال دراسة عينة تشمل اثنى عشر وادياً تقع فى شمال سلطنة عمان، روعى فى اختيارها بعض المعايير التى تؤهلها لأن تمثل مجتمع الأودية فى المنطقة. وقد تم دراسة وتحليل كل من أحواض وشبكات التصريف لهذه الأودية، كما تم دراسة وتحليل خصائص التصريف فيها، وكذلك دراسة حجم وشكل الرواسب فى المجارى الرئيسية، عند مواقع محطات قياس الجريان لهذه الأودية. وتم أيضاً قياس علاقات الارتباط والعلاقات الخطية بين ٢٠ متغيراً الخصائص المختلفة لهذه الأودية وكذلك تصميم ورسم الأشكال باستخدام الحاسب الآلى.

الأودية موضوع الدراسة:

وقع الاختيار على عدد عشر واديا تقع جميعها فى شمال سلطنة عمان وتنبع من جبال الحجر الشرقى والغربى وتصب معظمها فى خليج عمان وبعضها تمثل روافد لأودية كبيرة تصرف داخلياً فى اتجاه الربع الخالى وسبخة أم السميم أو تصرف إلى بحر العرب. شكل رقم (١).

وهذه المجموعة من الأودية تعتبر عينة ممثلة للأودية فى شمال السلطنة. ولذلك روعى فى اختيارها اختلاف المواقع والمنابع والمصبات والمساحات التى تغطيها والتكوينات الجيولوجية التى تكون أحواضها والظروف المناخية حتى تكون العينة ممثلة لمجتمعها بشكل مرضى. كما



أخذ فى الاعتبار توافر محطات قياس للجريان على مجاريها الرئيسية وأن يتوافر عنها قياسات للتصريف.

ويوضح الجدول التالى أسماء هذه الأودية ومنابعـها ومصباتـها. كما يوضح الشكل رقم (١) مواقعها.

جدول رقم (١) منابع ومصبات الأودية المختارة

م	الوادى	المنابع	المصب
١-	الجزى	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان شمال مدينة صحار
٢-	بنى غافر	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة السويق
٣-	الخوض	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة السيب
٤-	جبا	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بمنطقة العاصمة
٥-	لانصب	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بمنطقة العاصمة
٦-	ميح	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان جنوب مسقط بمنطقة الخيران
٧-	مجلاص	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة قريات
٨-	ضيقة	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة قريات
٩-	عبرى	من جبال الحجر الغربى	يصرف داخليا فى اتجاه هوامش الربع الخالى
١٠-	مسفاة	منطقة الجبل الأخضر	يصرف داخليا فى اتجاه سبخة أم السميم
١١-	حلفين	منطقة الجبل الأخضر	أحد روافد عندام يصرف إلى بحر العرب
١٢-	معيدن	منطقة الجبل الأخضر	أحد روافد عندام يصرف إلى بحر العرب

أهداف الدراسة:

تحاول هذه الدراسة التعرف على بعض الجوانب الكمية للأوديـة الصحراوية. وأهم الخصائص التى تميزها عن غيرها من الأودية خاصـة فى المناطق الرطبة وذلك من خلال التحليل الكمى لعـدد مـن الجوانـب المورفومترية والجيومورفولوجية. وتتمثل الأهداف الرئيسية للدراسة فـى عدد من الجوانب هى كالتالى:

١- تحليل أحواض وشبكات التصريف للأودية التى وقع عليها الاختيـار حتى يمكن التعرف على الخصائص المورفومترية لها.

٢- تحديد خصائص وظروف الجريان فى هذه الأودية.
٣- تحديد حجم وشكل الرواسب فى قيعان المجارى الرئيسية للأودية.
٤- دراسة وتحديد نوع ومقدار العلاقات بين الجوانب المورفومترية فى أحواض وشبكات التصريف مع خصائص الجريان والرواسب.

مصادر وطريقة الدراسة:

اعتمدات الدراسة على عدد من المصادر هى كالتالى:

١- الخرائط والصور الجوية:

أ- الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ واعتمد عليها فى تحديد واستخراج أحواض وشبكات التصريف. وكذلك عمل القياسات الأساسية والمطلوبة للدراسة لأحواض الأودية الاثنى عشر.

ب- الصور الجوية وبعض لوحات الموازيك moasic مقياس ١/٥٠,٠٠٠، بالإضافة إلى عدد من المرئيات الفضائية satellite Images من نوع TM مقياس ١/٢٠٠,٠٠٠ ومنها أمكن التعرف على الخصائص العامة لشبكات التصريف والأحواض ومناطق المنابع والمصبات وكذلك الأودية الرئيسية فيها.

ج- الخرائط الجيولوجية مقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ التى تغطى المنطقة. ومنها أمكن تحديد أنواع التكوينات الجيولوجية التى تغطى أحواض التصريف. ورسم خريطة جيولوجية للمنطقة.

٢- التقارير والكتابات السابقة:

وخاصة التقارير التى تحتوى على تسجيلات الجريان لعدد من الأودية تبعاً لمحطات القياس التى أقيمت عليها. أو تلك التى تناولت جوانب أخرى تهم الدراسة. وهذه التقارير موضحة فى قائمة المراجع.

٣- الدراسة الميدانية:

وفيها تم زيارة جميع المجارى الرئيسية للأودية المختارة كما تطرقت الزيارة لبعض الأجزاء العليا لعدد من الأودية مثل الخوض ومسفاه وضيقة ومعيدن، وتم ذلك على مرات متقطعة خلال الفترة بين فبراير ١٩٩٣ - ديسمبر ١٩٩٤. وكان ذلك بغرض:

أ - التعرف على الخصائص الجيومورفولوجية لقطاعات الأودية الرئيسية من حيث شكلها ومكوناتها وأنواع وطبيعة الرواسب فيها. بالإضافة إلى تسجيل الملاحظات عن خصائص شبكات التصريف وأشكال السطح الهامة فيها.

ب- جمع وتحليل عدد ٢٤ عينة رواسب من قيعان المجارى، بمعدل ٢ عينة لكل مجرى عند محطات قياس الجريان، تقع إحداها قبل المقياس والثانية بعده بمسافة لا تزيد عن مائة متر.

٤- التحليل الإحصائى

استخدم الحاسب الآلى برنامج SPSS for windows release 6.0 لعمل عدد من التحليلات الإحصائية مثل مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت والانحراف، وتحديد العلاقات بين المتغيرات المختلفة (علاقات الارتباط) لكل من أحواض وشبكات التصريف وخصائص التصريف والرواسب وتم من خلال مصفوفة matrix ضمت ٢٠ متغيراً، كما تم عمل العلاقات الخطية للعلاقات القوية بين المتغيرات المختلفة، وكذلك عمل الرسومات الخاصة بها بالإضافة إلى رسم الأشكال الأخرى.

موضوعات الدراسة:

تشتمل الدراسة على عدد من الموضوعات الأساسية هى كالتالى:

أولا: الجوانب الطبيعية: وتتناول كل من التكوينات الجيولوجية وأشكال السطح الرئيسية والظروف المناخية فى شمال سلطنة عمان حيث تقع مجموعة الأودية موضوع الدراسة.

ثانيا: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف والعلاقات بينها: وفى هذا الموضوع يتم عرض وتحليل الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف والقياسات والتحليلات التى أجريت على عدد من المتغيرات الأساسية فيهما. وكذلك العلاقات الارتباطية والخطية بين هذه المتغيرات.

ثالثا: خصائص التصريف: وفيه يتم تناول عدد من الجوانب التى تبين الخصائص المختلفة للتصريف مثل التردد والحجم والسرعة والأبعاد المختلفة والفصلية والمنحنى البيانى. كما يناقش العلاقات بين هذه المتغيرات مع الخصائص المختلفة لكل من أحواض وشبكات التصريف.

رابعا: خصائص الرواسب: ويعرض لحجم الرواسب وشكلها وبعض الجوانب الأخرى. كما يتناول العلاقات بين حجم الرواسب والمتغيرات المختلفة لكل من أحواض وشبكات التصريف وكذلك خصائص التصريف.

خاتمة: وفيها تلخيص لأهم النتائج التى توصلت إليها الدراسة.

أولا: الجوانب الطبيعية

١- الشكل العام للمنطقة والوحدات التضاريسية الرئيسية:

يتكون شمال سلطنة عمان من سلسلة جبلية تمتد على شكل قوس واسع يسير موازياً لساحل خليج عمان. وتبدأ هذه السلسلة من رأس مسندم فى الشمال وحتى رأس الحد فى الجنوب الشرقى بطول يصل إلى حوالى ٨٠٠ كم وتنقسم السلسلة إلى قسمين رئيسيين يفصلهما وادى

سمائل (الخوض) الذى يصب بجوار مدينة السيب للشمال الغربى من العاصمة مسقط بحوالى ٤٥ كم. ويطلق على القسم الواقع إلى الشرق من الوادى اسم جبال الحجر الشرقى، والقسم الواقع إلى الغرب منه جبال الحجر الغربى شكل رقم (١).

وتطل جبال الحجر الشرقى على خليج عمان مباشرة، حيث لا تكاد تترك أية سهول ساحلية، فقط بعض دالات الأودية الكبيرة، والتى تتميز أى منها بأنها تكونت نتيجة اشتراك أكثر من وادى واحد. ومن أمثلتها دلتا قريات ودلتا ضباب ودلتا صور، بالإضافة إلى بعض الجيوب الرملية الصغيرة التى تكونت على الشاطئ. وفيما عدا ذلك فأن خط الساحل يرتفع ليكون جرفاً بحريا تختلف مناسيبه على طول المنطقة. وتبدأ بعد هذا الجرف سلسلة من الشواطئ البحرية القديمة المتتابعة والتى شكلتها عمليات النحت البحرى القديمة على مناسيب مختلفة حيث يمكن رؤية أربع منها بوضوح موازية لخط الساحل الحالى فيما يشبه درجات السلم التى ترتفع فوق بعضها لتكون جزء واسع من سفوح الجبال المطلة على الخليج فى المنطقة بين مسقط ورأس الحد.

وبعد هذه السلسلة من الشواطئ تبدأ سفوح الجبال فى الانحدار بشدة وترتفع إلى أعلى لتكون مجموعة من القمم المدببة والتى يوحى شكلها بمدى ما تعرضت له المنطقة من عوامل تكتونية أدت إلى رفعها وطيها وتصدعها، وكذلك عمليات التعرية التى شُكلتها ويظهر ذلك فى الكثير من الأودية العميقة ذات الجوانب الشديدة الانحدار التى قطعت السلسلة ومزقتها بقوة كما تظهر فى بعض الأحواض الجبلية محصورة بين المرتفعات خاصة فى الجزء الشمالى الغربى من المنطقة فى الأجزاء التى يزيد فيها تأثير الصدوع واختلاف التكوينات الجيولوجية.

وعلى الجانب الآخر تنتهى السلسلة بسفوح شديدة الانحدار تقطعها الكثير من الأودية العميقة أيضا وتطل على سهل واسع يتكون من مجموعة من المراوح الفيضية التى كونتها هذه الأودية والتى تمثل فى مجموعها روافد لأحد الأودية الكبيرة، وهو وادى البطحاء الذى يجرى فى اتجاه عام من الشمال إلى الجنوب ليصب فى بحر العرب، ويفصل مجراه هذا السهل عن مسطح رملى كبير هو رمال ال وهيبة.

وفى المقابل تختلف جبال الحجر الغربى فى أنها أكثر ارتفاعاً وأشد انحداراً، إلى جانب أنها تترك سهلاً فسيحاً نسبياً بينها وبين البحر وهو سهل الباطنة الذى يعد أهم مناطق السلطنة من ناحية التركز السكانى والاستغلال البشرى.

ويتشكل السهل أساساً من مجموعة من المراوح الفيضية المتشابكة والمتداخلة جانبياً، والتى كونتها الأودية التى تنبع من السلسلة الجبلية وتصب فى خليج عمان. ويمتد السهل من رأس الحمراء فى الجنوب فى منطقة العاصمة مسقط حتى شمال خطمة ملاحة، بطول يصل إلى حوالى ٢٣٠ كم على شكل قوس واسع. ويصل متوسط عرضه بين ساحل الخليج حتى بداية السلسلة الجبلة إلى حوالى ٢٥ كم ويزيد العوض فى الوسط ويقل ناحية الأطراف شكل رقم (١). ويتراوح ارتفاع السهل بين الصفر عند سطح مياه الخليج إلى حوالى ٢٠٠ م عند أقدام الجبال. ويتكون سطحه من رواسب مختلفة فى الحجم والشكل والنوع ويستدق الحجم مع الاتجاه ناحية البحر. وتتعدد ملامحه بين ظاهرات كبيرة تغطى مساحات واسعة وظاهرات صغيرة محدودة الامتداد. ومن أهم الظاهرات الكبيرة المراوح الفيضية والتى تختلف بين القديمة والحديثة من حيث رواسبها وتكوينها، ومجارى الأودية الضحلة الواسعة المتشعبة التى

تنتهى بأخوار مغلقة عند البحر تم غلقها بحواجز رملية كونتها الأمواج، ثم الفرشات والكثبان الرملية التى تغطى بعض أجزاء السهل وبأشكال خبرات أو الذى يتكون من شاطئ رملى فى أغلب أجزائه ويظهر على شكل مجموعة من الأقواس المقعرة فى اتجاه البحر على حساب اليابس وتفصل بينها بعض الرؤوس المتقدمة، هذا إلى جانب بعض التلال الصغيرة التى قد ترصع وجه السهل خاصة مع الاقتراب من السلسلة الجبلة والتى تمثل بقايا عمليات نحات قديمة.

أما السلسلة ذاتها فمن الواضح أنها قد تعرضت للمزيد من الحركة وقوة الدفع بفعل العمليات التكتونية، وقد ساعد ذلك على المزيد من الطى والتصدع التى انعكست على كل من الارتفاع والانحدار وزيادة فعل عمليات التعرية وبالتالى شدة التقطع والتمزق وكثرة القمم الحادة والحافات القوية والتى تفصلها الأودية الضيقة العميقة ذات الجوانب الشديدة الانحدار والقيعان الضيقة التى تغطيها رواسب المواد الخشنة، والقطاعات الطولية القوية الانحدار. ويكفى القول أن هذه السلسلة تضم بين جنباتها أكثر القمم ارتفاعا فى السلطنة وعلى رأسها الجبل الأخضر الذى يزيد ارتفاعه عن ٢٥٠٠ م كما يوجد العديد من القمم الجبلية الأخرى التى تأخذ مسميات محلية، منها جبل نخل وما حل والعوابى والرستاق والكور والحمة وأسود وحلاحل وحلينة والخشدة فى ترتيب عام الشرق إلى الغرب.

ويطل الجانب الآخر للسلسلة الجبلية على سهل واسع فسيح تغطيه أقل خشونة من تلك الخاصة بسهل الباطنة سرعان ما تتحول إلى غطاءات رملية مع الاتجاه للغرب وتنتهى بمجموعات من الكثبان الرملية التى تمثل الأطراف الشرقية لرمال الربع الخالى، كما قد تنتهى أحياناً

بمناطق منخفضة تتجمع فيها مياه السيول لتشكل سبخات واسعة ومن أهمها سبخة أم السميم الشهيرة. ويمثل هذا السهل فى أغلبه العديد من المراوح الفيضية المتجاورة فى شكل بهادا واسعة، ويخطط وجه السهل العديد من مجارى الأودية الضحلة المتشابكة والتى قد تصرف داخلياً أو تصب فى بعض الأودية الكبيرة التى استطاعت الوصول إلى بحر العرب.

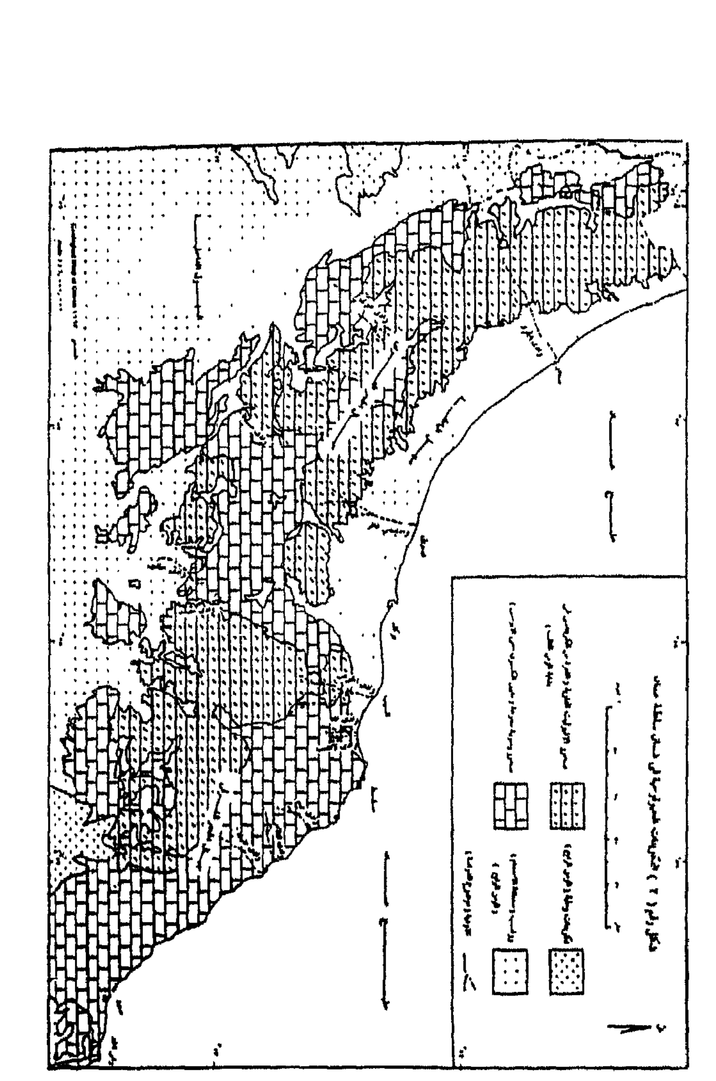
٢- التكوينات الجيولوجية:

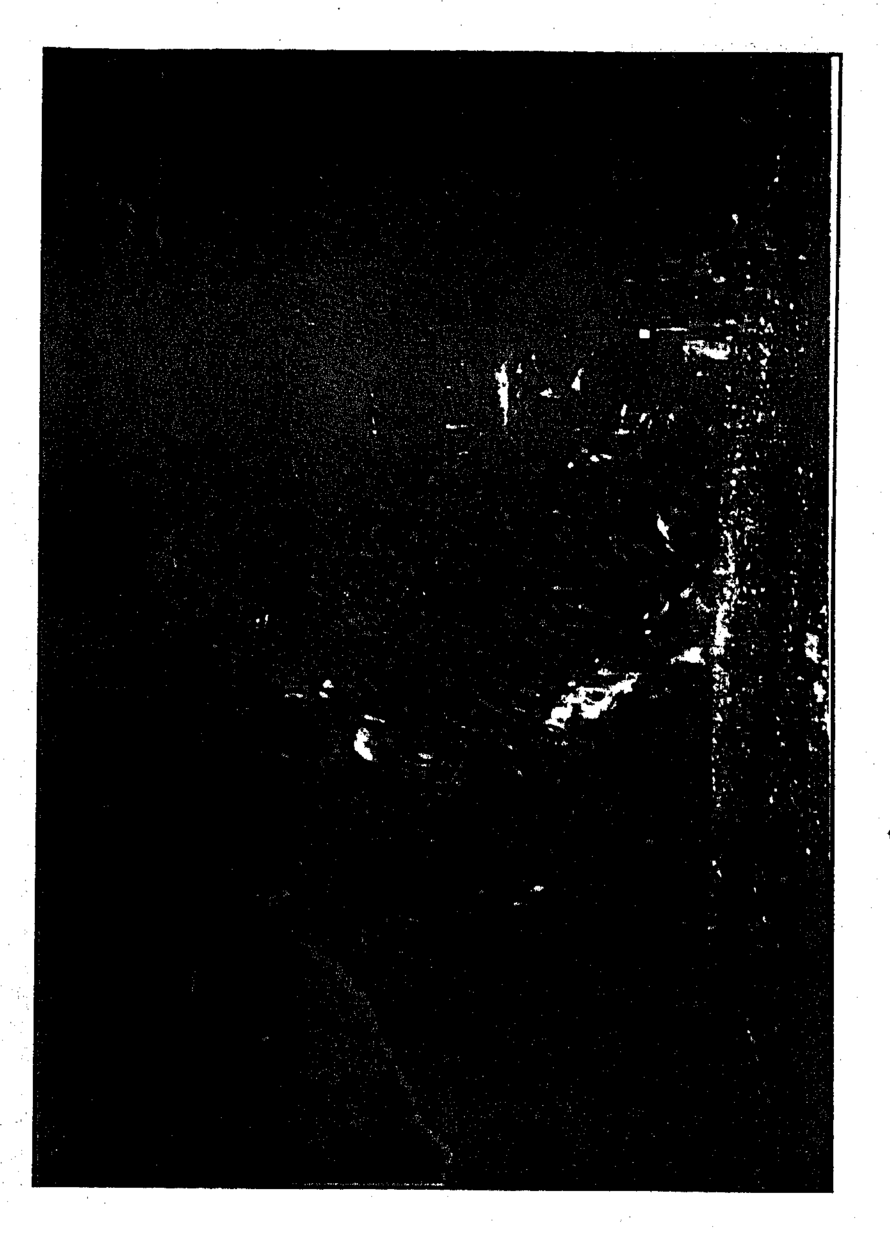
تعتبر جبال شمال عمان من الناحية الجيولوجية جزءاً من شبه الجزيرة العربية، وهى تمثل فى ذات الوقت جزءاً من سلسلة طيات جبال الألب - الهمالايا العملاقة التى ترجع فى تكوينها إلى الحركة الألبية. وقد تشكلت جبال عمان خلال حركتين تكتونيتين Two major orogenic events فى نهاية العصر الكريتاسى Late Cretaceous وأواسط الثلاثى Mid-Tertiary. الأولى نتج عنها إزاحة لصخور قاع المحيط والهامش القارى من الشمال الشرقى إلى الجنوب الغربى ناحية أطراف شبه الجزيرة. والثانية تقوست وطويت فيها السلسلة الجبلية لأعلى.

وتتشكل السلسلة الجبلية أساساً من صخور سمائل المغتربة Samail Nappe. وهى عبارة عن غطاءات ضخمة على شكل كتل كبيرة من صخور الأفيوليت النارية التى زحفت فوق وحدات صخرية رسوبية بحرية مجلوبة النشأة كذلك Allochthonous وتحتل بقايا الهامش القارى لبحر تيثس Tethys، وهى ترقد بدورها فوق صخور القاعدة الأركية للدرع العربى. كما تنكشف بعض الصخور الرسوبية التى يتراوح عمرها بين نهاية الكمبرى وحتى الكريتاسى فى وسط محور السلسلة الجبلية وهى صخور قارية إلى بحرية غير عميقة من حيث

النشأة (Lippard, S.J., et al. 1986 PP 1-5) شكل رقم (٢).

وتغطى صخور الأفيوليت حوالى ٢٠ ألف كـــم٢ مـــن السلســلة الجبلية. وكنتيجة لتعرض المنطقة لعمليات الإزاحة والطى والتصدع فقــد تكسرت هذه الصخور إلى مجموعة من الكتل الضخمة يصل عددهـــا إلـــى حوالى ١٢ كتلة تفصلها عن بعضها تكوينات الصخور الرسوبية وتشـــكل العصب الرئيسى للسلسلة. وتتكون من مجموعتيـــن أساســـيتين: الأولـــى تعرف باسم مجموعة الرداء The Mantle Sequence. وتمثل ما بيـــن ٦٠%- ٧٠% من صخور الأفيوليت فى المنطقة وتتكـــون مـــن صخـــور البريدوتين Predotite والهارزبورجيت Harzburgite، كمـــا توجـــد تداخلات من صخور الديونيت Dunite وتقطعها عروق Veins وســدود نارية Dykes مافية الأصل وفوق المافية Ultra-mafic. والمجموعة





وادى بنى غافر بجبال الحجر الغربى - سلطنة عمان

الثانية هى مجموعة القشرة Crustal Sequence وتشكل النسبة الباقية من صخور الأفيوليت وتتكون من الجابرو والبريدوتيت مع مواد بركانيــة أخرى.

وتتكون بقية السلسلة الجبلية من الصخور الرسوبية (شكل رقم ٢)، التــى تختلف فى العمر والنشأة، إلا أن معظمها يقــع ضمــن صخــور الحجــر الجيرى والدول وميت مع بعض أنواع الصخور الطينية وخاصة المارليــة وكذلــك الرمليــة وصخــر المجمعــات Conglomerate والبريشـــيا Berccia.

وتتكون السهول المجاورة للسلسلة من رواسب مختلفة أيضاً فـــى أحجامها كما تختلف أشكال السطح فيها وتتدرج هذه المواد فـــى الحجــم وتستدق مع البعد عن السلسلة الجبلية سواء فى سهل الباطنة أو منطقــة الظاهرة. وتبدأ عادة بالمواد الخشنة التى تتكون من الجلاميد والزلط ثــم الحصى وتنتهى بالرمال والمواد الدقيقة، وقد تكون متماسكة علــى شــكل صخر المجمعات أو مفككة سائبة، وفى حالة تماسكها غالبــاً مــا تكــون المادة اللاحمة كلسية ،وفى سهل الباطنة يختلف سمك هذه الرواسب حيث يصل إلى ما يزيد عن ٦٥ م عند أقدام السلسلة الجبلية، ويزيــد باتجــاه خليج عمان فيصل إلى أقصى سمك له فى منطقة بركاء والسيب.

٣- الأحوال المناخية:

تقع المنطقة التى تجرى بها مجموعة الأودية موضوع الدراســة ضمن النطاق الصحراوى الحار القاحل فى معظمها عــدا منطقــة الجبــل الأخضر الذى يتمتع بظروف مختلفة نتيجة عامل الارتفاع. وتبعاً لموقــع المنطقة يمكن وصف المنطقة بأنها شديدة التطرف مناخياً حيث الحــرارة

الشديدة والمطر الشحيح أو النادر فى كثير من الأحيان، وارتفاع معـــدلات التبخر بدرجة كبيرة. وتهب على المنطقة الرياح التجارية معظم أيام السنة ،فيما عدا بعض أيام الخريف حيث تصل بقايا بعض الرياح الموسمية التى تهب على جنوب البلاد، ويعد الجبل الأخضر أكثر الأجزاء تأثراً بـــها فـــى شكل بعض رخات المطر.

والجدول التالى يوضح متوسطات الحرارة وكميات المطـــر تبعـــاً لتسجيلات مجموعة محطات الأرصاد الجوية التى تقع داخـــل المنطقـــة أو حولها. كما يوضح الشكل رقم (٣) كلا العنصرين.

جدول رقم (٢) الحرارة والمطر فى بعض محطات شمال ســـلطنة عمـــان (المصدر: الملخص المناخى السنوى سنة ١٩٩١ ص ٧١-٧٦).

المحطة	الحرارة (درجة مئوية)				المطر (مم)			
	المتوسط السنوى	الدرجة القصوى المطلقة	الدرجة الدنيا المطلقة	المدة من -إلى	المتوسط السنوى	أقصى كمية فى سنة	أقصى كمية فى شهر	أقصى كمية فى يوم
البريمى	٢٧,٦	٥٠,٨ فى ٩٠/٧/٦	٢,٦ فى ٧٧/١٢/٢٠	٩١-٧٧	٧٧,٤	٢٤٩ فى ١٩٩٨٢	١٥٠,٣ فبراير ٨٢	٧٢,٥ فى ٨٢/٢/١٤
مجيس	٢٦,٤	٥٠,٠ فى ٨٧/٧/١٠	٥,٧ فى ٨٣/١/٢٢	٩١-٨٠	١٠٢,٨	٢٦٠,٥ فى ١٩٨٨	٢٣٥,٣ فبراير ٨٨	١١٠,٣ فى ٨٨/٢/١٧
سيق	١٧,٩	٣٦,٣ فى ٩١/٦/١٧	-٣,٦ فى ٨٣/١/٢٦	٩١-٧٩	٣١١,٣	٦٣٣,٤ فى ١٩٨٢	٣٠٠ فبراير ٨٢	٩٨,٤ فى ٨٢/٢/١٤
السيب	٢٨,٦	٤٩,٢ فى ٩٠/٧/١	١٠ فى ٩١/٢/١٧	٩١-٧٤	٧٩,٣	١٩٤,٣ فى ١٩٨٩	٧٥,٧ فبراير ٧٧	٦٩,٢ فى ٨١/٥/٣
فهود	٢٨,٩	٥٠,٩ فى ٩٠/٦/٦	٥,٠٦ فى ٨٧/١/٢٣	٩١-٨٥	١٩,٥	٤٠ فى ١٩٨٩	٣٣,٨ فبراير ٩٠	١١,٥ فى ٩٠/٢/٢١
صور	٢٨,٣	٤٩,٨ فى ٧٩/٦/١١	٧ فى ٧٨/١/٢	٩١-٧٧	٨٩,٦	٢٥٤,٦ فى ١٩٨٣	١٩٧,١ فبراير ٨٣	١٢٦,٨ فى ٨٣/٢/١١

شكل رقم (٣) الحرارة والمطر فى شمال سلطنة عمان

ومن الجدول السابق يتضح ما يلى:

١- أن المتوسط السنوى للحرارة فى المنطقة يتراوح بين ٢٦,٤-٢٨,٩ درجة مئوية، فيما عدا منطقة الجبل الأخضر حيث يزيد ارتفاع المنطقة عن ٢٥٠٠ متر فوق سطح البحر، مما أدى إلى انخفاض المتوسط السنوى فى محطة السيق بدرجة كبيرة كما هو واضح من الجدول.

٢- ترتفع درجة الحرارة العظمى خلال شهور الصيف ارتفاعاً واضحاً حيث تزيد عن ٤٠ درجة فى معظم أيام الفصل. وقد تصل إلى حوالى ٥٠ درجة فى بعض الأيام خاصة فى شهرى يونيو ويوليو. هذا عدا محطة السيق التى تنخفض بها القيم عن ذلك كثيراً.

٣- فى المقابل تنخفض درجات الحرارة الدنيا إلى أقل من عشر درجات وقد تصل إلى ما دون الصفر فى الأماكن المرتفعة كما هو فى محطة السيق.

٤- يقل المتوسط السنوى للمطر عن خمس بوصات عدا منطقة الجبل الأخضر التى يزيد فيها المتوسط عن ١٢ بوصة، ويصل إلى أدنى حد له فى محطة فهود نظراً لانخفاض المنطقة ووقوعها فى الداخل بعيداً عن أى مؤثرات بحرية؛ وبالتالى يصل المتوسط إلى أقل من بوصة واحدة.

٥- تتوزع الأمطار على أغلب شهور السنة، إلا أن شهور فبراير ومارس وإبريل ومايو تعتبر الفترة الأساسية التى يسقط بها معظم المطر. كما يعتبر شهر فبراير أكثر شهور السنة تكراراً لمرات سقوط المطر، وقد سجلت فيه كذلك أعلى قيم بالنسبة لأقصى كمية سقطت خلال شهر واحد وأيضاً خلال يوم واحد.

٦- تعتبر الصفة الأساسية لسقوط المطر هى عدم الانتظام سواء

مكانياً أو زمانياً. كما يتميز بارتفاع كثافته فى حالة سقوطه.

ومن ناحية أخرى يمكن القول أن الأمطار الساقطة على المنطقة ترجع بصفة أساسية إلى مرور بعض المنخفضات الجوية المصحوبة بكتلى هوائية باردة خلال فترة الشتاء أى أنها أمطار جبهية أساساً وعليه فغالباً ما تغطى الأمطار مساحة واسعة من المنطقة. أما خلال الفترات الانتقالية بين فصول السنة فالأمطار غالباً تصاعدية وتغطى بقع صغيرة (الملخص المناخى السنوى ١٩٩١. ص ١٠-١١).

ثانياً: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف:

١- الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

الجدول التالى يوضح نتائج القياسات التى تمت على الخرائط بغرض تحديد الأحواض واستخراج شبكات التصريف وكذلك قياس العناصر المورفومترية فى الاثنى عشر وادياً. كما يوضح الشكل رقم (٤) أحواض الأودية وشبكات التصريف فيها .

جدول رقم (٣) الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف

الوادى	المساحة كيلو متر مربع	طول المحيط ك . م	أقصى طول للحوض ك . م	أقصى عرض للحوض ك . م	معدل الاستدارة	معدل الاستطالة
بنى غافر	١٧٨٩,٠٠	٣٤٠	٧١,٥٠	١٦,٢٠	٠.١٩	٠.٦٧
الخوض	١٦٧٤,٠٠	٤٠٠	٦٦,٠٠	٢١,٥٠	٠.١٣	٠.٧٠
جبا	٢٢٩,٠٠	١٠٥	٢٥,٥٠	٩,٠٠	٠,٢٦	٠.٤٤
لانصب	١٥٧,٠٠	٦٧	٣٢,٠٠	٦,٧٠	٠,٤٤	٠.٦٨
الجزى	٨١٢,٠٠	١٩٣	٦٧,٠٠	١٩,٠٠	٠,٢٧	٠.٤٨
عبرى	٧٠٨,٠٠	١٨٥	٣٦,٠٠	١٦,٦٠	٠,٢٦	٠,٨٣
مبح	٧٣٩,٠٠	١٨٠	٤٦,٠٠	١٤,٠٠	٠.٢٩	٠.٦٧
مبلاص	٦٥٤,٠٠	١٥٣	٤٩,٥٠	١٣,٥٠	٠.٣٥	٠,٥٨

ضيقة	١٨٥٠,٠٠	٣٦٣	٧٢,٠٠	٢,٥٠	٠,١٨	٠,٦٧
حلفين	١١٦٤,٥٠	١٩٠	٧٠,٠٠	١٤,٥٠	٠,٤٠	٠,٥٥
معيدن	٣٦٦,٠٠	٢٢٢	٦٠,٠٠	٥,٥٠	٠,٠٩	٠,٣٦
مسلقة	٧٨,٣٠	٤٧,٥٠	١٢,٠٠	٥,٥٠	٠,٤٤	٠,٨٣

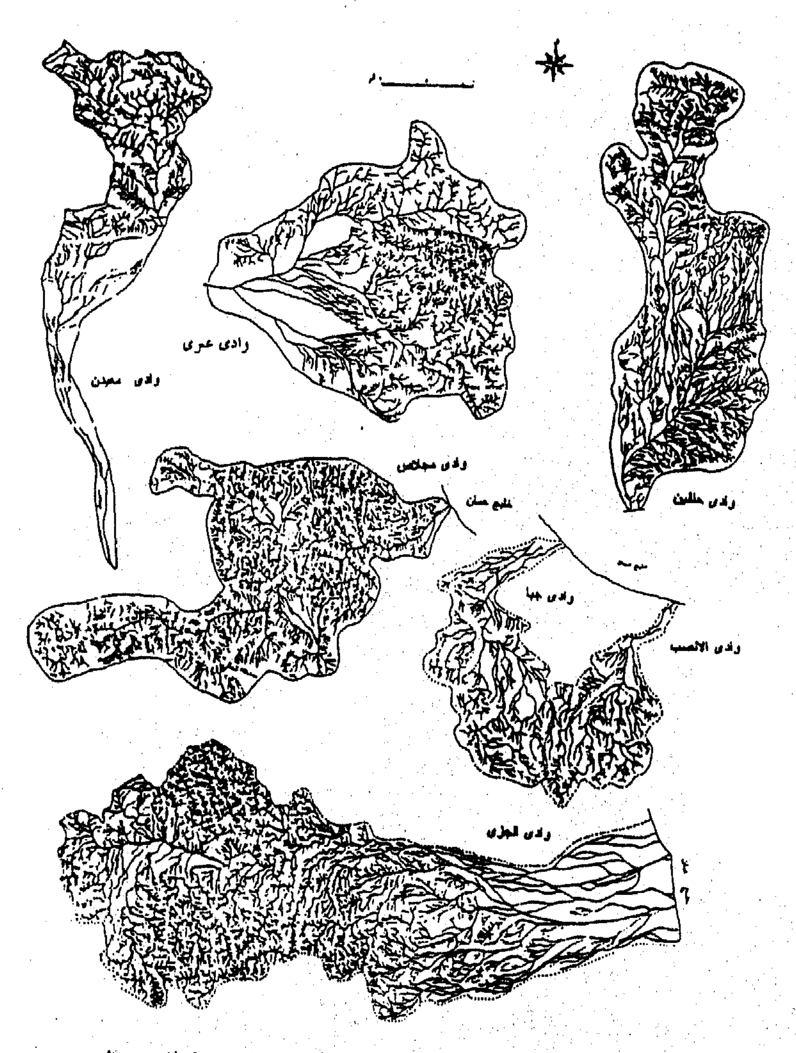
ومن الجدول السابق يمكن استخلاص ما يلى:

١- يمكن تقسيم أحواض الأودية تبعاً لمساحات أحواضها إلى ثلاثة مجموعات هى:

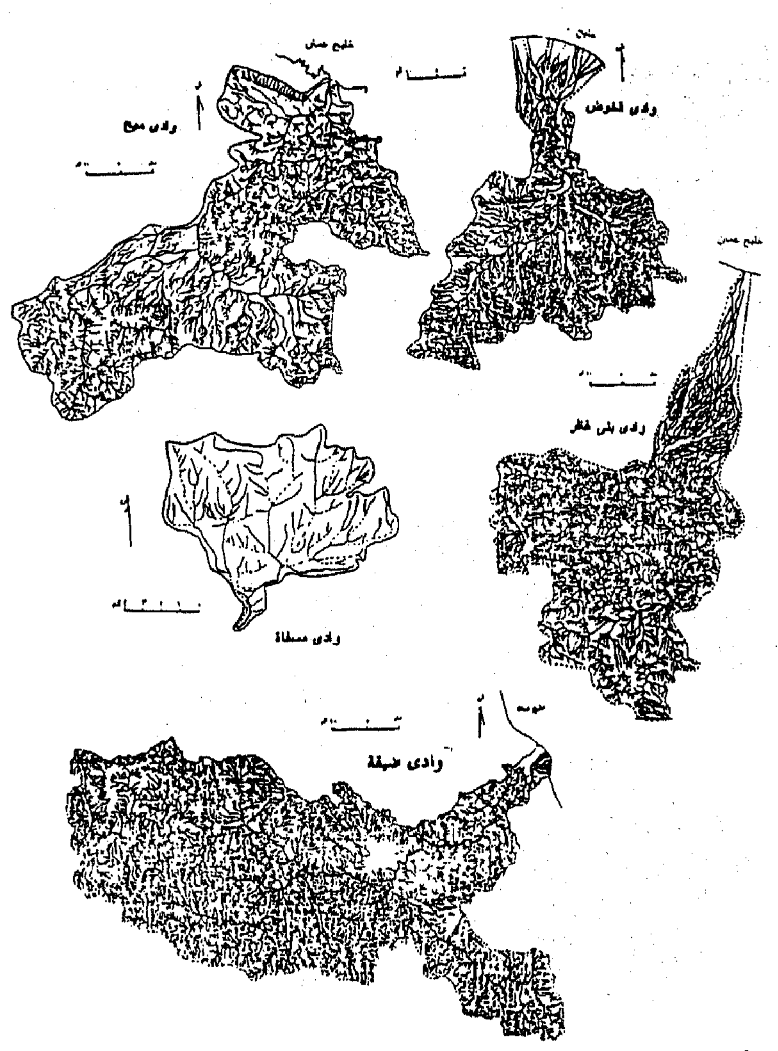
أ - مجموعة الأودية الكبيرة وهى أودية ضيقة وبنى غافر والخوض وحلفين وتزيد فيها مساحات الأحواض عن ألف كيلو متر مربع، وتبعاً لكبر مساحات أحواضها فهى غالباً ما تضم أعلى الأرقام لكل من الطول والعرض والمحيط.

ب- مجموعة الأودية المتوسطة المساحة وتضم أودية الجزى وميح وعبرى ومجلاص، وتتراوح مساحاتها بين ٥٠٠ - أقل من ألف كيلو متر مربع. وهى تتصف كذلك بأنها ذات طول وعرض وطول وعرض وطول محيط متوسط.

ج- مجموعة الأودية الصغيرة وهى أودية معيدن وجبا



شكل رقم (٤٠) احواض وشبكات التصريف فى اودية حلفين وعبرى ومعيدن وجبا ولانصب والجزى .



تابع شكل رقم (٤) احواض وشبكات التصريف فى اودية الخوض وميح وبنى غافر ومسفاة وضيقة .

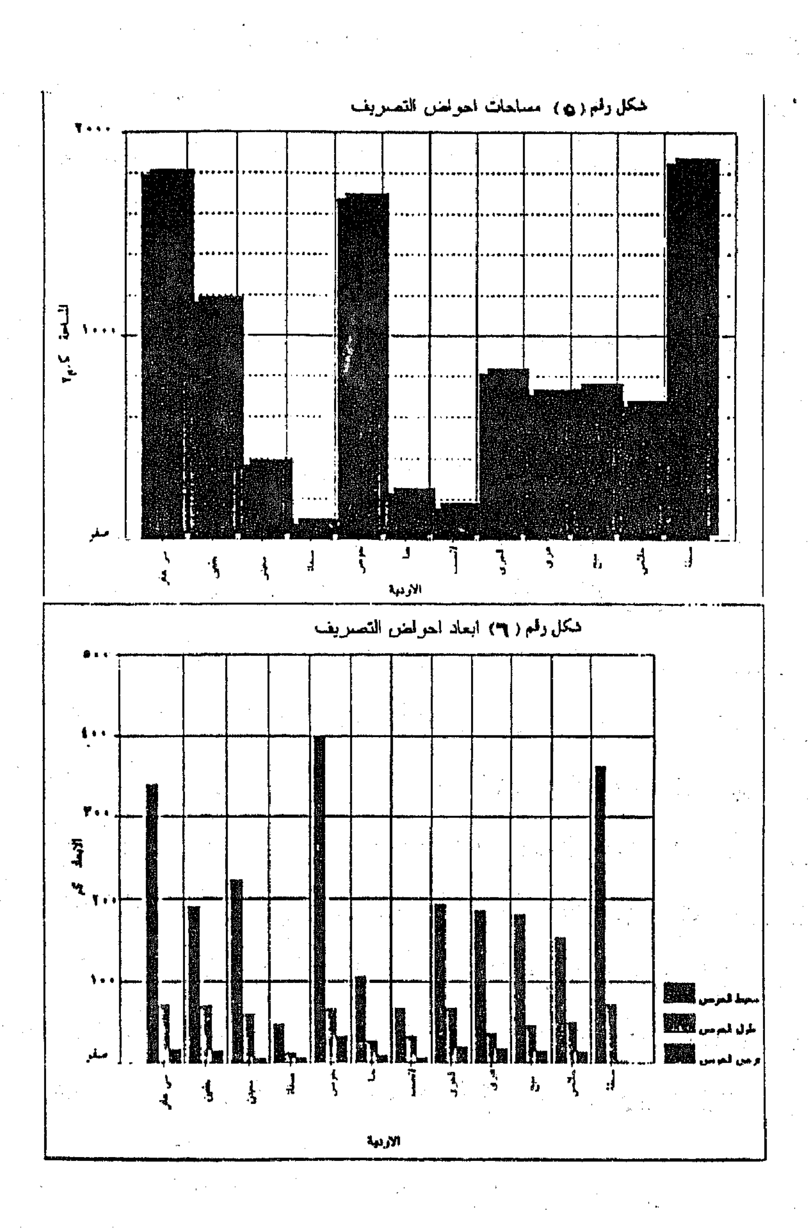
ولانصب ومسفاة. وتقل مساحات أحواضها عن ٥٠٠ كيلو متر. كما أنـــها ذات طول وعرض وطول محيط صغير يتسق مع ما تغطيه من مســـــاحات بالمقارنة مع المجموعتين السابقتين. ويوضح شكل رقـــم (٥) مســـاحات أحواض تصريف الأودية. كما يبين شكل رقم (٦) الأبعاد المختلفة (المحيط - طول - عرض) لمجموعة الأحواض.

٢ -تختلف معدلات الاستدارة(*) circularity والاستطالة(*) elongation بين أحواض التصريف بشكل واضح مما يبيـــن أن لكـــل حـــوض شـــكله وخصائصه المختلفة والتى تميزه عن غيره من الأحواض.

ويتراوح معدل الاستدارة فـــى الأحـــواض بيـــن ٠,٠٩ - ٠,٤٤ بمتوسط عام ٠,٢٨ وفى المقابل يتراوح معدل الاستطالة بيـــن ٠,٣٦ - ٠,٨٣ بمتوسط حوالى ٠,٦٨ وتعكس هذه الأرقام بصفة عامـــة جنـــوح الأحواض ناحية الاستدارة أكثر من الاستطالة. وتبعاً للمعدلات الواردة فـــى الجدول يمكن تقسيم أحواض الأودية من حيث هذين المعدلين إلى: أوديـــة ترتفع بها معدلات الاستدارة وتنخفض فى المقابل معدلات الاستطالة وهـــى أودية مسفاة ولانصب وميح وهى مـــن الأوديـــة الصغـــيرة والمتوســـطة المساحة. ثم بقية الأودية - عدا واد واحد - وتتميز أحواضها بأنها تضـــم كلا الصفتين فى آن واحد حيث تظهر أحواضها أميل إلى الاســـتدارة فـــى مناطق منابعها على حين تميل إلى الاستطالة فى أجزائها الدنيا. أما

(*) الاستطالة: قطر الدائرة المساوية لمساحة حوض التصريف (كم) مقســـوماً علـــى أقصى طول للحوض (كم).

(*) الاستدارة: مساحة الحوض (كم^2) مقسومة على مساحة الدائرة التـــى لـــها نفـــس محيط الحوض (كم^2).



شكل رقم (٥) مساحات احواض التصريف

شكل رقم (٦) ابعاد احواض التصريف

بالنسبة لوادى حلفين فهو أميل الاستطالة ربما تحت ظروف تصدع حددت حوضه بهذا الشكل.

٣- يتراوح انحدار سطوح الأحواض(*) بين ٠,٦ من الدرجة فقط إلى سبع درجات وبمتوسط عام حوالى ٢,٢ درجة. وتتقارب انحدارات سطوح الأحواض بشكل واضح فيما عدا وادى مسفاة الذى يرتفع انحدار سطحه إلى رقم كبيرة نظراً لوقوعه فى منطقة شديدة الانحدار تمثل أحد جوانب الجبل الأخضر. أما بقية الأودية فينخفض فيها الانحدار عن نصف هذا الرقم وبشكل عام يمكن ملاحظة أن انحدار سطوح الأحواض يزيد فى الأحواض الصغيرة المساحة بالمقارنة بالأودية الكبيرة.

٢- العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

من خلال قياس العلاقات بين الخصائص عن طريق علاقات الارتباط فى المصفوفة السابق الإشارة إليها فى طريقة الدراسة، وكذلك العلاقات الخطية يمكن القول أن هناك مجموعة من العلاقات بينها التى يمكن الاستناد عليها فى تحديد تأثير هذه المتغيرات على بعضها وطبيعة ومقدار العلاقة بينها. والجدول التالى يبين العلاقات القوية فقط بين المتغيرات المختلفة والتى تم الاعتماد عليها فى الدراسة، على حين حذفت العلاقات الضعيفة التى لا يمكن الاعتماد عليها وبالتالى لا حاجة لسردها.

(*) تم قياس الانحدار بين أعلى نقطة فى المنابع والمصب على طول خط مستقيم، وطبقت معادلة الانحدار.

جدول رقم (٤) مصفوفة العلاقات بين المتغيرات المختلفة لخصائص أحواض وشبكات التصريف وخصائص التصريف والرواسب.

المتغيرات	مساحة الحوض (كم٢)	طول المحيط (كم)	طول مجاى (كم)	عرض الحوض (كم)	استدارة	استطالة	مج إعداد مجارى	معدل تفرع	مج طول مجاى (كم)	متوسط طول مجارى (كم)	كثافة تصرف كم/كم٢	انحدار سطح حوض (درجة)
مساحة الحوض كم٢	–	٠,٩٢٦	٠,٨١٤				٠,٨٧٣	٠,٧٤٦	٠,٨٩١			
طول المحيط كم		–	٠,٨١٢		٠,٧٧٣		٠,٨٣٠		٠,٨٩٢			
طول مجارى كم			–				٠,٧٣١	٠,٧٧٠	٠,٧٣٦			٠.٧٦٢
عرض الحوض كم				–					٠,٦٨٠			
استدارة					–							
استطالة						–						
مج أعداد مجارى							–	٠,٦١٨	٠,٩١٤			
معدل تفرع								–				
مج طول مجارى كم									–			
متوسط طول مجارى كم										–		
كثافة مجارى كم											–	
انحدار سطح حوض درجة												–
م. عرض الجريان												
معدل الخشونة												
كمية التصريف												
م. التصريف السنوى												
م. أقصى تصريف												
م. أدنى تصريف												
م. سرعة الجريان												
م. حجم الرواسب												

باقى المصفوفة (تستكمل بالعرض)

	م. عرض	معدل الخشو	كمية التصري	م. التصري	م. قطم	م. أدنى	م. سرع	م. متوسـ

	الجريان	نة	ف	ف السنوى	تصريف	تصريف	الجريان	حجم الرواسب
مساحة الحوض كم٢			٠,٢٢٠					
طول المحيط كم	٠,٦٢٦							
طول مجارى كم								
عرض الحوض كم								
استدارة								
استطالة								
مج أعداد مجاى			٠,٧٦٨				٠,٦٥٣	٠,٦٦٠
معدل تفرع			٠,٧٠٥					
مج طول مجارى كم								
متوسط طول مجارى كم								
كثافة مجارى كم		٠٨١٦						
انحدار سطح حوض درجة			٠,٨٠٢	٠,٨٤٤	٠,٧٦٥	٠,٦٣٩	٠,٦٥٢	٠,٧١٣
م. عرض الجريان						٠,٦٢٦		
معدل الخشونة				٠,٧٤	٠,٦٣	٠,٦٣	٠,٨٢	٠,٦٤

				٦	٩	٩	٨	٦
كمية التصريف						٠٩٦٠.٨	٠,٧٨٣	٠,٦٢٥
م. لتصريـــــ السنوى							٠,٦٣٢	
م. أقصىتصريـ								
م. أدنى تصريف								٠.٧٣٩
م. سرعة الجريا								
م. حجم الريـ								

وتوضح نتائج العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف الواردة فى المصفوفة (جدول رقم ٤) ،وكذلك العلاقات الخطية والتى اعتمد على الحاسب الآلى فى عمليتى الحساب وإقامة العلاقات وأيضاً رسم الأشكال، ومع ملاحظة أن العلاقات الخطية قد أقيمت للمتغيرات التى زادت فيها علاقات الارتباط عن ٠,٦، والتى يرتفع مستوى الثقة فيها إلى ٠,٥ فقط، وبصفة عامة يمكن تلخيص نتائج هذه العلاقات فيما يلى:

١- توجد علاقة موجبة بين مساحات أحواض التصريف مع كل من طول الأحواض وطول محيطاتها. حيث يزيد كلا المتغيرين فى الأحواض الكبيرة المساحة وينخفضا فى الأحواض الصغيرة. وهذا واضح أيضا من شكل العلاقة الخطية (شكل رقم ٧).

٢- توجد علاقة موجبة بين طول محيطات أحواض التصريف مع طول الأحواض. أى أن الأحواض ذات المحيطات الكبيرة تكون أطوالها كبيرة



تدمير احد الجسور وجزء من الطريق نتيجة للسيول

كذلك والعكس صحيح. والشكل رقم (٧) يوضح أيضا العلاقة الخطية بين كلا المتغيرين.

ومن جهة أخرى فأن العلاقة قوية وعكسية بين طول محيط الأحواض مع معدل استدارتها. مما يعنى أن الأحواض ذات المحيطات الكبيرة ينخفض معدل استدارتها على حين يرتفع المعدل فى الأحواض ذات المحيطات الصغيرة.

٣- هناك علاقة عكسية بين طول أحواض التصريف ومتوسط انحدار سطوحها بمعنى أنه كلما قل طول حوض التصريف ارتفع انحدار سطحه وفى المقابل يقل الانحدار فى حالة الأحواض ذات الأطوال الكبيرة والشكل رقم (٧) يوضح العلاقة الخطية بين كلا المتغيرين.

٣- خصائص شبكات التصريف:

يلخص الجدول التالى خصائص شبكات التصريف فى مجموعة الأودية المختارة تبعاً للقياسات السابق الإشارة إليها. كما يوضح الشكل رقم (٨-أ - و ٨-ب) شبكات التصريف فى هذه الأودية.

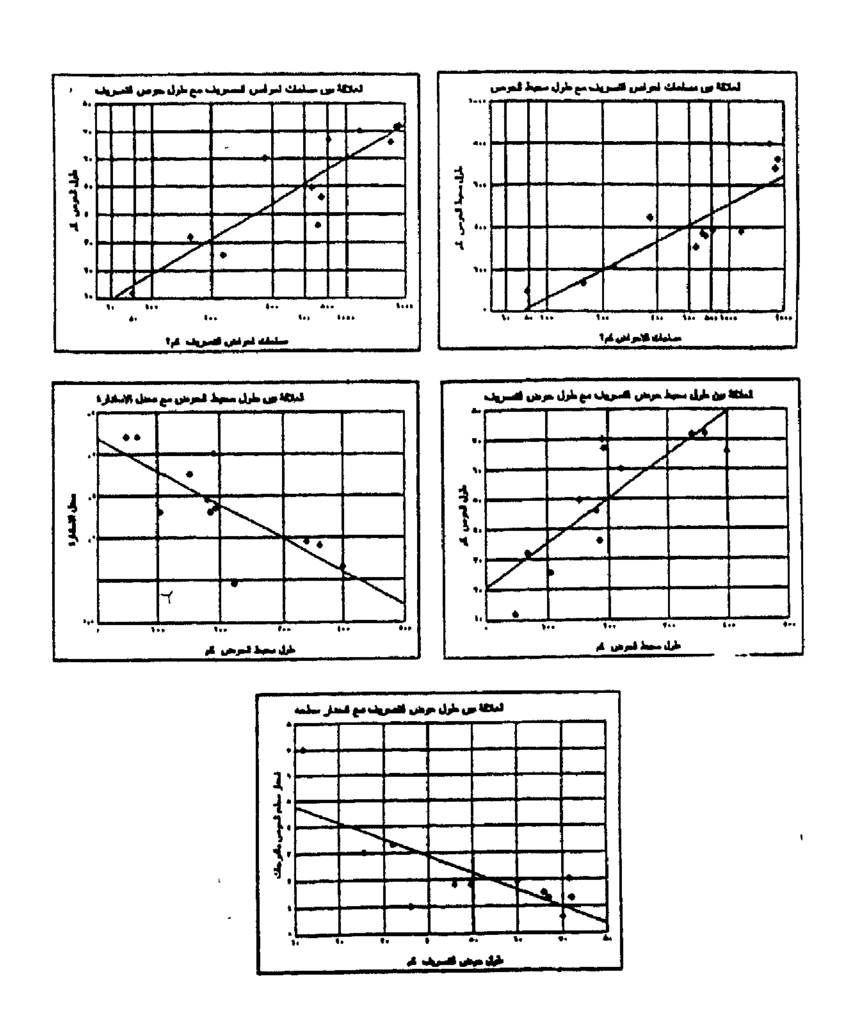
جدول رقم (٥) الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف فى الأودية

الأود	مج. أعداد المجارى	معدل التفرع	مج. أعداد المجارى	م. أطوال المجارى	كثافة التصريف
بنـــ غافر	٢٧,٩	٤,٨٦	٣٠٦٦	١,١٣	١,٧١
الخـــوض	٣٥٤٨	٣,٩٩	٤٩٧٩	١,٤	٢,٧
جبا	٣١٩	٣,٩٠	٣٩٨	١,٢٥	١,٧
لانصد	٢٥٩	٣,٧٣	٣١٠	١,٢	٢,٠
الجفى	٢٨٥٣	٤,٥٧	٢٥٧٢	٠,٩٠	٢,٩٠
عبرى	١٢٩٥	٣,٣	١٢٨٧	٠,٩٩	١,٨
ميح	٢١٠٩	٣,٩	٢٢٠٠	١,٠٤	٣,٠
مجـــلاص	٢٢٠٦	٣,٤	١٨٨٣	٠,٠٨	٢,٩
ضيقة	٤٥١٣	٥,٣	٣٣٤٩	٠,٧٤	١,٨
حلفين	١٢٥٩	٥,٠	١٧٢٧	١,٤	١,٨
معيدن	٤٣٢	٣,٦٦	٦٣٧	١,٤٧	١,٧
مسفاة	١٣٤	٣,٢	١٩٢	١,٤	٢,٥

ومن الجدول السابق تتضح النتائج التالية:

١ - أن مجموع أعداد المجارى يتراوح بين ١٣٤-٤٥١٣ مجرى من الرتب المختلفة داخل أحواض التصريف. ويصل معامل الاختلاف بين أعداد مجارى الأودية إلى ٧٩%. وتعكس هذه الأرقام مقدار التفاوت فى أعداد المجارى بين شبكات التصريف فى مساحات أحواض التصريف وكذلك الظروف الأخرى. وبشكل عام يقل عدد المجارى فى الأحواض

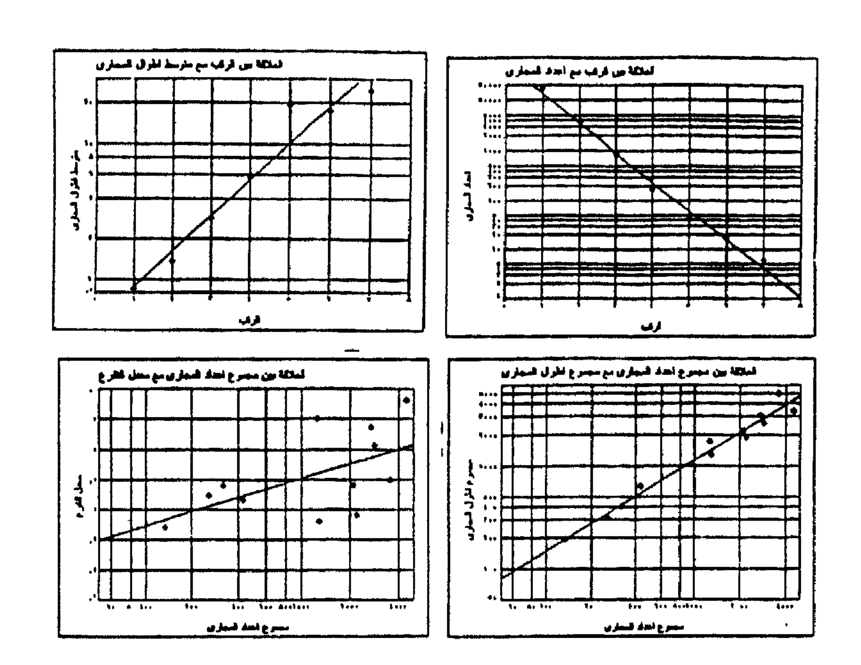
الصغيرة المساحة عن ٥٠٠ مجرى كما يقل فـــى الأحـــواض المتوســطة المساحة عن ٢٥٠٠ مجرى، ويزيد عن ذلـــك فـــى الأحـــواض الكبـــيرة المساحة.



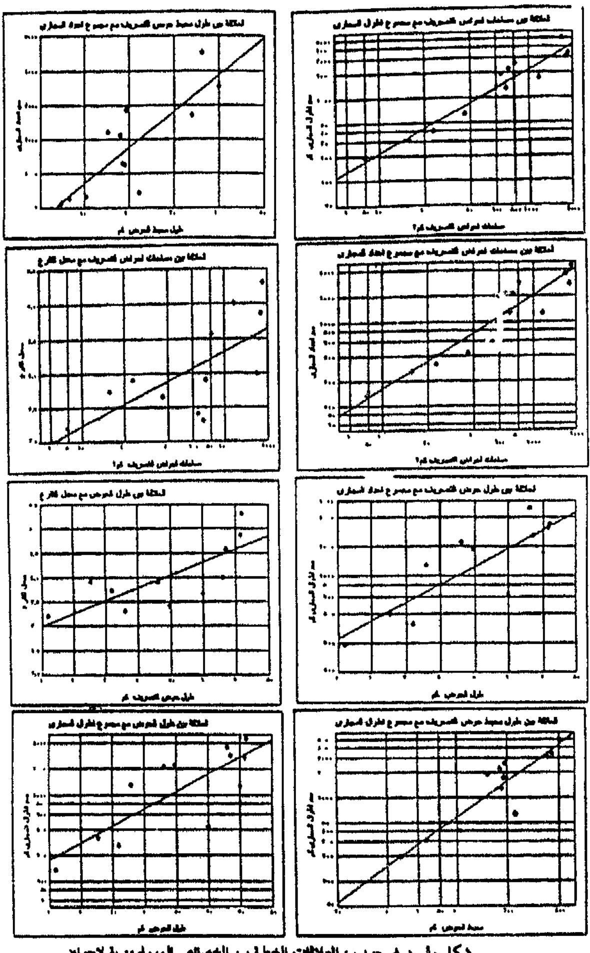
شكل رقم (٧) العلاقات الخطية بين الخصـــائص المورفومترية لاحواض التصريف



النحت الجانبي , تساقط الصخور على جانب وادى
نتيجة نحت السيول



شكل رقم (٨ – ١) العلاقات الخطية بين الخصائص المورفومترية لاحواض التصريف مع الخصائص المورفومترية لشبكات تصريف الاردنية .



شكل رقم (٨ - ب) العلاقات الخطية بين الخصائص المورفومترية لاحواض التصريف مع الخصائص المورفومترية لشبكات تصريف الاودية .

وعلى مستوى الرتب، تضم الرتبة الأولى والثانية حوالى ٩٥,٤% من مجموع أعداد المجارى وتمثل مجارى الرتبة الأولى وحدها ما يزيد عن ثلاثة أرباع أعداد المجارى حيث تصل إلى ٧٨% من هذا المجموع. وفى المقابل يقع أقل من ٥% فقط من أعداد المجارى فى بقية الرتب بالكامل. ولا توجد اختلافات بين الأحواض الصغيرة والكبيرة فى هذه النسب، حيث تتقارب فى نسبة أعداد مجارى هاتين الرتبتين إلى مجموع أعداد المجارى فيها.

٢- يتراوح معدل التفرع فى شبكات تصريف الأودية بين ٣,٢-٥,٣ بمتوسط عام حوالى ٤. ويعكس هذا التقارب فى المعدل بين شبكات تصريف الأودية، وهذا ما يوضحه معامل الاختلاف الذى يصل إلى ١٧% فقط.

وجدير بالذكر أن هذه المعدلات تتفق مع المعدلات العالمية التى وردت فى الكتابات السابقة على سبيل المثال هورتون Horton ذكر أن متوسط معدل التفرع بصفة عامة حوالى ٣,٥٢ وذلك فى بعض أحواض التصريف التى قام بدراستها بالولايات المتحدة. وتراوح عند كواتس بين ٢,٨-٤,٩ وكان فى الرتب الأولى بين ٤-٥,١ فى جنوب ولاية انديانا بالولايات المتحدة (Strahler, A.N., 1957, pp. 914-915).

٣- يتراوح مجموع طول المجارى فى شبكات تصريف الأودية بين ١٩٢-٤٩٧٩ كيلو متر وبمتوسط عام ١٨٨٣ كم. وتتفاوت الأطوال بين شبكات التصريف بنفس درجة تفاوت أعداد المجارى حيث يصل معامل الاختلاف إلى ٧٧%. ويزيد مجموع الأطوال فى الأحواض الكبيرة المساحة عن ٢٥٠٠ كم. ويتراوح بين ١٠٠٠ - أقل من ٢٥٠٠ كم فى الأحواض المتوسطة المساحة وبين حوالى ٢٠٠-٦٠٠ كم فى الأحواض

الصغيرة المساحة. ويرتبط مجموع أطوال المجـاري بـأعداد المجـاري ومساحات الأحواض داخل الشبكة. وسوف يتضح هذا من خلال العلاقـات بين المتغيرات والتي سوف يتم تناولها في الجزء التالي.

٤- يتقارب متوسط طول المجاري في شبكات تصريف الأودية حيـث يتراوح بين ٠,٧٤-١,٤٧ كم بمتوسـط ١,١٥ كـم. ويوضـح معـامل الاختلاف مدى هذا التقارب حيث يصل إلى أقـل مـن ٢٢%. ولا يرتبـط متوسط الطول داخل الأودية بمتغير معين، ولعل هذا يوضح تـأثره بـأكثر من عامل في وقت واحد.

٥- تتراوح كثافة التصريف فـي شـبكات التصريـف بيـن ١,٧-٣ كم/كم[٢]. ولا توجد فروق كبيرة في الكثافة بين الأحـواض، حيـث يصـل معامل الاختلاف إلى حوالي ٢٧%. وتفيد الدراسـات السـابقة أن كثافـة التصريف تتفاوت بين أحواض التصريف كما تتفاوت بين المنـاطق تبعـاً للظروف الهيدرولوجية والجيولوجية وشكل السطح فعلى سـبيل المثـال تراوحت بين الأودية فـي الولايـات المتحـدة بيـن ٣-٤٠٠ كـم/كـم[٢] .(Linsley, R.K., et al. 1982, p. 313)

وجدير بالذكر أن هذه المعدلات تعتبر منخفضة بالمقارنة بالأرقـام العالمية الأخرى، ولعل هذا يرجع إلى المصدر الذي استخدم في اسـتخراج شبكات تصريف الأودية وهي الخرائط الطبوغرافية مقيـاس ١/١٠٠,٠٠٠ والتي لا تمثل فيها المجاري من الرتب الدنيا، على الأقل مجـاري الرتبـة الأولى الفعلية كنتيجة لمقياس الرسم. كما أن هناك عامل آخر يجب أخـذه في الاعتبار وهو صلابة الصخور في المنطقة خاصة أن جزءاً كبيراً مـن أحواض التصريف يتكون أساساً من صخور الأفيوليت.

٤- العلاقات بين خصائص الأحواض وخصائص شبكات التصريف:

من خلال علاقات الارتباط فى المصفوفة والعلاقات الخطية الموضحة فى الشكل رقم (٨-أ و ٨-ب) يمكن تلخيص العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف مع الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف فيما يلى:

١- توجد علاقة عكسية شبه كاملة بين الرتب مع أعداد المجارى. وعلاقة طردية شبه كاملة أيضا بين الرتب مع متوسط أطوال المجارى. شكل (٨-أ).

٢- علاقة موجبة بين مساحات أحواض التصريف مع كل من أعداد المجارى وطول المجارى شكل رقم (٨-ب). مما يعنى أن أحواض التصريف الكبيرة المساحة تضم أعداداً أكثر من المجارى وتضم أيضاً مجموع أطوال مجارى أكبر إذا قورنت بالأحواض الصغيرة المساحة شكل رقم (٨-ب).

أيضاً هناك علاقة موجبة بين مساحات أحواض التصريف مع معدل التفرع حيث يزيد المعدل فى الأحواض الكبيرة وينخفض فى المقابل فى الأحواض الصغيرة شكل رقم (٨-ب).

٢- توجد علاقة قوية وموجبة بين كل من محيطات أحواض التصريف مع كل من مجموع أعداد المجارى ومجموع أطوال المجارى. مما يعنى أن المحيطات الطويلة تضم أعداداً وأطوالاً كبيرة من المجارى، والعكس صحيح بالنسبة لحالة الأحواض ذات المحيطات الأقصر شكل رقم (٨-ب).

٣- هناك علاقات موجبة بين أطوال أحواض التصريف مع كل من مجموع أعداد المجارى ومجموع أطوال المجارى وأيضاً نفس العلاقة مع معدل التفرع فى شبكات تصريف الأودية. وبالتالى يمكن القول أن أحواض

التصريف ذات الأطوال الكبيرة تضم أعداداً كبيرة من المجـــارى، وكذلـــك يزيد بها مجموع أطوال المجارى شكل رقم (٨-ب).

٤- توجد علاقة موجبة وقوية بين أعداد المجارى ومجمـــوع أطـــوال المجارى والشكل رقم (٨-أ) يبين مدى هذه العلاقة.

ثالثا: خصائص التصريف فى الأودية:

يتناول هذا الجزء موضوعيـــن أساســيين: الأول يـــهتم بتحليـــل خصائص الجريان من حيث التردد وحجم ومتوسط كمية التصريف وأقصى وأدنى تصريف والأبعاد والمنحنى البيـــانى للتصريـــف وكذلـــك فصليـــة الجريان. والثانى يتناول العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحـــواض وشبكات التصريف مع خصائص التصريف.

١- خصائص التصريف:

أ- التردد Frequency:

الجدول التالى يبين عدد مرات الجريان التى جـــرت فـــى عشـــرة أودية هى التى توافرت لها بيانات كافية عن التصريـــف، وكذلـــك عـــدد السنوات ومرات ترددها أو التكرار ومتوسط طول الفترة الفاصلة بين مـــوة جريان وأخرى وذلك خلال الفترة من ٧٥-١٩٨٥. ويوضح الشـــكل رقـــم (٩) مجموع مرات الجريان فى الأودية خلال هذه الفترة.

جدول رقم (٦) تكرار الجريان فى الأودية العشـــرة خـــلال الفـــترة ٧٥-١٩٨٥.

تم إنشاء هذا الجدول من المصدر التـــالى (المصـــدر: P.A.W.R.. 1985 (report I-86-21, pp. 6-190.

الوادى	عدد مرات التصريف	عدد السنوات	معدل تكرار التصريف	متوسط طول الفترة الفاصلة بالسنوات	ادنى فترة فاصلة (سنة)	اقصى تكرار خلال سنة واحدة	السنة التى وقع بها أقصى تكرار
خلفين	١١	٦	١.٨٣	٠.٥٥	٠.٢٠	٥	١٩٨٣
لانصب	٤	٢	٢.٠٠	١	٠.٣٣	٣	١٩٨٢
ميح	٦	٤	١.٥٠	٠.٦٧	٠.٣٣	٣	١٩٨٢
الخوض	١٨	١١	١.٦٤	٠.٦١	٠.٢٥	٤	١٩٧٧
مسفاة	١٤	٥	٢.٨٠	٠.٣٦	٠.١٧	٦	١٩٨٣
معيدن	١٢	٦	٢.٠٠	٠.٥٠	٠.٢٠	٥	١٩٨٢
جبا	٥	٤	١.٢٥	٠.٨٠	٠.٥٠	٢	١٩٨٣
مجلاص	٧	٥	١.٤٠	٠.٧١	٠.٥٠	٢	١٩٨٣
ضيقة	٢٥	١٠	٢.٥٠	٠.٤٠	٠.١٤	٧	١٩٨٢
بنى غافر	١٧	٧	٢.٤٣	٠.٤١	٠.٢٥	٤	١٩٨٣

من الجدول السابق يتضح ما يلى:

١- من حيث توزيع مرات الجريان بين الأودية خـــلال فـــترة العشـــر سنوات كاملة، فقد جرت المياه بالأودية حوالى ١١٩ مرة جريان فى فـترة عشر سنوات بمتوسط حوالى ١٢ مـــرة تصريـــف للـــوادى الواحـــد أى بمتوسط حوالى ١,١ مرة جريان واحدة للوادى الواحـــد خـــلال الســـنة. ويختلف عدد مرات الجريان الفعلى بين الأودية عن ذلك اختلافاً واضحـــاً وقد سيطرت الأودية الثلاثة الكبيرة وهى ضيقة والخوض وبنى غافر علـــى ٥٠% من عدد مرات الجريان. ثم جاءت الأودية التى تنبـــع مـــن الجبـــل الأخضر وهى أودية مســـفاة ومعيـــدن وخلفيـــن وهـــى أوديـــة صغـــيرة ومتوسطة، وساهمت بحوالى ٣١%. على حين ساهمت أوديـــة لانصـــب وميح وجبا ومجلاص بنسبة ١٩% فقط وهى نسبة تقل عن ما يساهم بـــه

وادى ضيقة وحده.

٢- تراوح معدل التكرار أو التردد فى الأودية بين ١,٢٥-٢,٥ مـــرة جريان بمتوسط أقل من ٢ مرة تصريف خلال السنة الواحدة وذلـــك علـــى مستوى مجموعة الأودية بالكامل وهو رقم قريب من أرقام الجريـــان فـــى الأودية الصحراوية الأخرى. فعلى سبيل المقارنة ذكر وليـلمز Williams ١٩٧٨ (W.L. Graf 198 p. 104) أن المتوسط غالباً حوالى ١,٥.

٣- يصل متوسط طول الفترة الفاصلة بين مرة جريان وأخـــرى إلـــى حوالى سبعة شهور. ويختلف طول الفترة بين واد وآخر ويـــتراوح بيـــن أربعة شهور فقط كما فى وادى مسفاة إلى سنة كاملـــة كمـــا فـــى وادى لانصب.

٤- إذا أخذنا فى الاعتبار السنوات والأودية التى كان بها جريان خـلال فترة العشر سنوات فقد تراوح عدد مرات تكرار أو تردد التصريف خـــلال السنة الواحدة بين ٢-٧ مرات، بمتوسط عام حوالـــى ٤ مـــرات جريـــان خلال السنة الواحدة. وقد وقع أعلى تردد للتصريف فى وادى ضيقة وكـان أدنى تردد من نصيب وادى مجلاص. وتراوح طول الفترة الفاصلـــة بيـــن مرات التصريف التى جرت خلال سنة واحدة بين ٠,١٤ من الســـنة فقـــط أى بمعدل أقل من أربعة شهور فى وادى ضيقة إلى حوالـــى ٠,٥٠ مـــن السنة أو ما يقرب من نصف عام كامل فى واديا مجلاص وجبـــا. وكـــان المتوسط العام للأودية التى تم بها جريان حوالى ٠,٢٩ من السنة أى مـــا يقرب من ٣,٥ شهر فقط وهى فترة قصيرة.

٤- جاءت أعوام ١٩٨٢ و ١٩٨٣ من أكثر الأعوام تكـــراراً لمـــرات الجريان مما يوضح زيادة معدلات المطر الســـاقطة خـــلال هذيـــن العامين. ويوضح هذا أيضاً احتمال أن عملية التساقط قد شـــملت

كل المنطقة أو غطت معظم شمال عمان.

ب- حجم التصريف Discharge magnitude:

يصل المتوسط العام للتصريف فى مجموعة الأودية موضوع الدراسة خلال الفترة بين ١٩٧٥-١٩٨٥ إلى ٤١٥ م٣/ث. ويصل أدنى تصريف فى المجموعة إلى حوالى ٨٥,٧ م٣/ث. ويرتفع فى المقابل أقصى تصريف إلى ١٦٨٠ م٣/ث. ويصل معامل الاختلاف بين الأرقام إلى ١١٥%، مما يبين مدى التفاوت بين كميات التصريف التى جرت فى الأودية.

ويلخص الجدول التالى البيانات الخاصة بالتصريف فى عشرة أودية، من حيث المتوسط وأقصى وأدنى تصريف والمجموع والانحراف المعيارى خلال الفترة من ٧٥-١٩٨٥. كما يوضح الملحق رقم (١) البيانات الخاصة بعمليات الجريان الفعلية لمجموعة الأودية والتى جرت بها خلال هذه الفترة. ويلاحظ أنه عند استخدامها لاستخراج بعض المعدلات الواردة فى الجدول التالى تم حذف بعض الأرقام الشاذة والتى قامت على أساس تقديرى.

جدول رقم (٧) متوسط وأدنى وأعلى ومجموع كميات التصريف فى أودية شمال عمان تم إنشاء هذا الجدول على أساس المصدر التالى: المصدر: P.A.W.R. report: pp. 6-1999

الوادى	م. التصريف م٣/ث	أدنى تصريف م٣/ث	أقصى تصريف م٣/ث	مج. التصريف م٣/ث	الانحراف المعيارى
حلفين	٥٨٧,٦٠	١٣,٠٠	٤١٣٠,٠٠	٦٤٦٤,٠٠	١١٩٩,٦٠
لاالصب	١٦٢,٥٠	٣,٥٠٠	٦١٢,٠٠	٦٥٠,٠٠	٢٩٩,٩٢
ميح	١٢٩,١٧	٠٠٠	٢٣٦,٠٠	٧٧٥,٠٠	١٠٣,٢٧
الخوض	٢٥٧,٠٠	١٢,٠٠	٨٧٢,٠٠	٤٦٢٦,٠٠	٢٥٧,٣٩

مسفاة	١٢٢,٥٩	١,٢٠٠	٥٥٥,٠٠	١٧١٦,٢٠	١٦٧,٧٩
معيدن	٤٨٩,٤٢	٢٩,٠٠	٤٢٠٠,٠٠	٥٨٣٧,٠٠	١١٧٣,١٦
جبا	١٠٧,٨٠	٠٠٠	٣٧٦,٠٠	٥٣٩,٠٠	١٥٩,٨٦
مجلاص	٢٥٦,٨٦	٠٠٠	١٠٨٠,٠٠	١٨٦١,٠٠	١٤٤,٣٦
ضيقة	٨٤٨,٣٢	٢٣,٠٠	٦٠٢٠,٠٠	٢١٢٠٨,٠٠	١٣٣٩,١٢
بنى غافر	٣٤٢,٥٩	٠٠٠	١٠٩٠,٠٠	٥٨٢٤,٠٠	٢٩٨,٧٨

ومن الجدول السابق يتضح ما يلى:

١- من حيث متوسط وأقصى وكذلك مجموع التصريف يأتى وادى ضيقة فى المركز الأول وهو من الأودية التى تتمتع بجريان غزير حيث جرى به خلال هذه الفترة ما يقرب من ٤٢,٨% من مجموع تصرفات الأودية. ويرجع هذا إلى كبر مساحة حوضه وارتفاع منابعه ووجود تغذية جوفية شبه مستمرة طول العام، وهى أن كانت لا تساهم بجزء كبير من التصريف إلا أنها تساعد على انخفاض كمية الفاقد عن طريق التسرب أثناء عمليات الجريان التى تتم فى الوادى.

وتختلف بقية المراكز بين الأودية دون ما ارتباط واضح مع مساحة الحوض، حيث تتقدم بعض الأودية الصغيرة مثل معيدن وحلفين على أودية الخوض وبنى غافر رغم كبر مساحة الأخيرين. ويرجع ذلك إلى وقوع منابع واديا معيدن وحلفين فى منطقة الجبل الأخضر الذى يتميز بغزارة أمطاره وزيادة كميتها عن المناطق المجاورة. إلا أن هذا لم يمنع من سيطرة الأودية الكبيرة المساحة على معظم كميات التصريف فقد ساهمت ثلاثة أودية كبيرة هى ضيقة والخوض وبنى غافر بحوالى ٦٤% من المجموع الكلى للتصريف على حين كانت نسبة الأودية المتوسطة والصغيرة المساحة هى ١٨,٤ و ١٧,٦% على التوالى.

٢- كما هو واضح تختلف كمية التصريف بين الأودية اختلافاً واضحاً، كما تختلف أيضاً داخل الوادى الواحد بين مرة الجريان والأخرى. وتعتبر

أودية ضيقة وحلفين ومعيدن من أكثر الأودية تفاوتا وكانت أكثرها تصرفـاً كذلك . وتأتى أودية الخوض ولاتصب وبنى غافر فى وضع متوســط مــن حيث التفاوت والتصريف، ثم تأتى أودية ميح ومجلاص وجبــا ومســفاة أكثرها تقارباً وأقلها تفاوتاً فى كميات التصريف.

٣- تمثل عملية الجريان التى تزيد كمية التصريف فيــها عــن ٢٥٠ م^{٣}/ث حوالى ٢٩% من مجموع عمليات التصريف خلال الفــترة المشــار إليها. اختلفت هذه النسبة بين الأودية فقد كانت صفر فى وادى ميح علــى حين مثلت أكثر من ٥٠% فى واديا بنى غافر وضيقة.

وتمثل عمليات الجريان التى تزيد فيها كمية التصريــف عــن ٥٠٠ م^{٣}/ث حوالى ١٥% فقط من المجموع. واختلفت كذلك النسبة فى الأوديــة بيــن الصفر و٣٦% والرقم الأول يخص وادى ميح على حين الآخــر يخــص وادى ضيقة.

ج- سرعة الجريان Velocity:

يلخص الجدول التالى كل من متوسط وأقصى وأدنى سرعة للتصريف فــى الأودية.

جدول رقم (٨) متوسط وأقصى وأدنى سرعة للجريان فى الأودية.

المصدر: P.A.W.R. 1985, report PAWR, 85-15 pp. 1522

الوادى	حلفين	لاتصب	ميح	الخوض	مسفاة	معيدن	جبا	مجلاص	ضيقة	بنى غافر	الجفى	عبرى
م. ســـ رع م/ث	١,٧٢	١,٧٧	٢,٤٨	١,٩٤	٢,٣٣	٣,٢٧	١,٢٢	٢,٢٤	٤,٦٦	٢,٠٨	١,٩٣	١,٨٧
أقصى سرع م/ث	٣,٦٧	٢,٢٥	٢,٩٢	٢,٧٥	٢,٥٧	٧,٢٥	١,٧٢	٣,٤٥	٩,٧٢	٣,٤٠	٣,١٤	٢,٤٩
أدنى ســ رع م/ث	١,١٤	١,١٤	١,٥٨	٠,٨١	٢,٠٩	١,٠٨	٠,٨٣	١,١٠	١,٢٩	١,١٢	١,٣٨	١,٢٤

ومن الجدول السابق يمكن القول أن المتوسط العام لسرعة التصريف على مستوى الأودية تصل إلى حوالى ٢ م/ث. إلا أن الأرقام الفعلية تبين أن هناك اختلافاً واضحاً على مستوى الأودية أى بين واد وآخر، ثم كذلك داخل الوادى الواحد بين مرة جريان وأخرى.

وقد وصلت أقصى سرعة للتصريف إلى ما يقرب من العشرة أمتار فى وادى ضيقة. وبشكل عام اختلفت أقصى سرعات فى الأودية بين ١,٧٢-٩,٧٢ م/ث. مما يعكس التفاوت الكبيرة بين الأودية من حيث السرعة. وكان متوسط السرعات القصوى حوالى ٣,٧٧ م/ث.

وفى المقابل تراوحت السرعات الدنيا التى سجلت خلال الجريان بين ٠,٨٣ م٣/ث فى وادى جبا إلى ما يزيد عن المترين فى وادى مسفاة.

وبشكل عام تميزت بعض الأودية بتسجيلها لسرعات عالية لتصرفاتها وهى أودية ضيقة ومعيدن وميح ومسفاة. وفى المقابل تميزت مجموعة أخرى بالسرعات المنخفضة هى أودية جبا وحلفين ولانصب وعبرى والجزى. على حين سجل واديا بنى غافر ومجلاص سرعات متوسطة فى الغالب.

وعلى سبيل المقارنة بالأودية فى المناطق الصحراوية الأخرى فأن الدراسات السابقة تشير إلى أن سرعة الجريان تتراوح عادة ١-٨ م/ث وتختلف السرعة مع موجات التصريف discharge pulses وقد تراوحت السرعة بين ١,٢-١,٦ م/ث فى بعض أودية شمال الجزائر. وفى أحد السيول التى جرت فى وادى معان بجنوب الأردن وصلت السرعة إلى ٥ م/ث وارتفعت خلال عملية الجريان إلى ١٢ م/ث إلا أن هذا الارتفاع كان لمدة قصيرة جداً (Schick, A.P., 1988, pp. 198-

د- أبعاد التصريف Discharge Parameters:

يقصد بأبعاد الجريان كل من عمق وعرض التصريف وانحداره وقيمة معامل الخشونة فى قاع المجرى. والواقع أن دراسة مثل هذه الجوانب يساعد فى التعرف على طبيعة الجريان فى هذه المناطق بما يفيد فى التعامل معه واستغلاله هذا من جهة ومن جهة أخرى فأن لها علاقة وطيدة مع كل من شكل ونمط المجرى (Cooke, R.U. et al. 1993, p. 151) ويلخص الجدول التالى هذه البيانات لمجموعة الأودية عدا وادى عبرى الذى لم تتوافر عنه بيانات.

جدول رقم (٩) أبعاد التصريف فى الأودية

(المصدر: P.A.W.R. 1985, report PAWR 85-15, pp. 15-20.)

الوادى	العمق بالمتر			العرض بالمتر		انحدار الجريان م/م				معامل الخشونة (n)
حلفين	١,٩٥	٦,١٩	٠,٤٤	٦٤,٢٢	١٠,٢٠	٢٥,٨	٠,٧	٠.٨	٠.٥	
لانصب	٠.٩٦	١.٣٥	٠,٥١	٤٤,٢٣	٤٧,٣٠	٣٩,٧	٠,٦	٠,٦	٠,٥	٠,٠٣٨
صيح	١,٤٩	١,٧٥	٠,٩١	٤٥,٣٠	٤٧,٧٠	٤٠,٣٠	٠.٨	٠,٨	٠.٨	٠٠
الخوض	١,٣٩	٢,٦٧	٠.٤٥	٩٦,٩٠	١٦٣	٤٥	٠,٦	٠.٨	٠,٢	٠,٠٤٥
مصفاة	١,٧٩	١,٨٤	١,٧٤	٦٧	٨٥,٧٠	٤٨,٣	٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٠٤٣
معيدن	١.٤٠	٣,٦٠	٠,٥١	٩٠,٤٠	١٦١	٥٢,٥	٠.٨	٠,١	٠,٤	٠,٠٣٧
جبا	٠.٦٥	١,١٣	٠,٢٩	٨٧,١٠	١٩٤	٣٣	٠.٤	٠,٥	٠,٤	٠,٠٣٧
مجسلاص	١,٢٠	٢,٣٩	٠,٣٧	٧٤	١٣١	١٩,٧	٠,٦	٠,١	٠,٥	٠,٠٣٦
ضيقة	٢,٢	٥,٣٩	٠,٤٩	١٥١	١٨٣	٧٨,٧	٠,٣	٠,٤	٠,٢	٠,٠٣٧

	٤									
بنــــ غافر	١,٠٩	١,٦٧	٠.٧٤	٨١,٦	١٢٠	٥٢	٠,٥	٠,٦	٠,٤	٠,٠٣١
الجزى	٨.٨٦	١,٧٦	٠.٢١	٦٨,٢٤	١١١	١٧.٣	٠,٥	٠,٦	٠,٤	٠,٠٣٦

ومن الجدول السابق يتضح ما يلى:

١- بالنسبة للعمق:

يصل المتوسط العام لعمق التصريف إلى ١,٣٧ م. ويتراوح بين ٠,٦٥ - ٢,٢٤ م. ويلاحظ عدم وجود ارتباط بين حجم الوادى وعمق الجريان. ففيما عدا وادى ضيقة الذى يعتبر من الأودية الكبيرة جاء وادى حلفين ومسفاة على رأس الأودية من حيث عمق الجريان وهما من الادية المتوسطة والصغيرة على التوالى، كما انخفض العمق فى واديا الجزء وبنى غافر وهما من الأودية الكبيرة.

وبشكل عام يمكن القول أن العمق يختلف بين وادى وآخر، وداخل الوادى الواحد بين جريان وآخر تبعاً لمجموعة أخرى من المتغيرات والخصائص غير حجم الوادى أو مساحة حوضه ولعل شكل وأبعاد المجرى وكمية التصريف وانحداره تمثل أهم تلك المتغيرات.

كما يلاحظ أن بعض التصرفات كانت ذات عمق كبيرة حيث وصل إلى أكثر من ٥ أمتار كما هو فى وادى حلفين وضيقة. ومن ناحية أخرى كان هناك تقارباً واضحاً بين بقية الأودية حيث تراوح عمق الجريان بين ١,٥ م إلى ٣,٥ م.

وفى المقابل كان أدنى عمق سجلته التصرفات هو ٠,٢١ م فقط وادى الجزى وكانت جميع الأرقام الدنيا أقل من المتر عدا وادى مسفاة.

٢- وبالنسبة لعرض الجريان فقد تراوح بين ٤٤ م-١٥١ م

وبمتوسط عام حوالى ٧٩ م وتعكس الأرقام تفاوتاً كبيراً سواء بين الأودية أو بين عمليات الجريان فى الوادى الواحد.

وقد ارتفعت الأرقام القصوى إلى أرقام كبيرة حيث كان المتوسط ١٢٢ م وفى المقابل كان متوسط الأرقام الدنيا لعرض التصرفات حوالى ٤٠ متراً.

٣- تراوح الانحدار العام للتصريف بين ٠,٠٠٣ إلى ٠,٠٠٧ بمتوسط ٠,٠٠٦ ويختلف أيضاً بين الأودية كما يختلف بين التصرفات (يلاحظ أن الانحدار يقصد به انحدار سطح التصريف إلى سطح القطاع العرضى للمجرى).

٤- كما تراوح متوسط خشونة القاع (n) فى المجارى بين ٠,٠٣١ إلى ٠,٠٤١ بمتوسط عام قدره ٠,٠٤١ على مستوى مجموعة الأودية موضوع الدراسة وهى أرقام مرتفعة. ومن المعروفان خشونة القاع لها علاقة وطيدة بسرعة الجريان وهذا ما توضحه معادلةماننج (Cooke, R.U., et al., 1985, p. 240) Manning's equation.

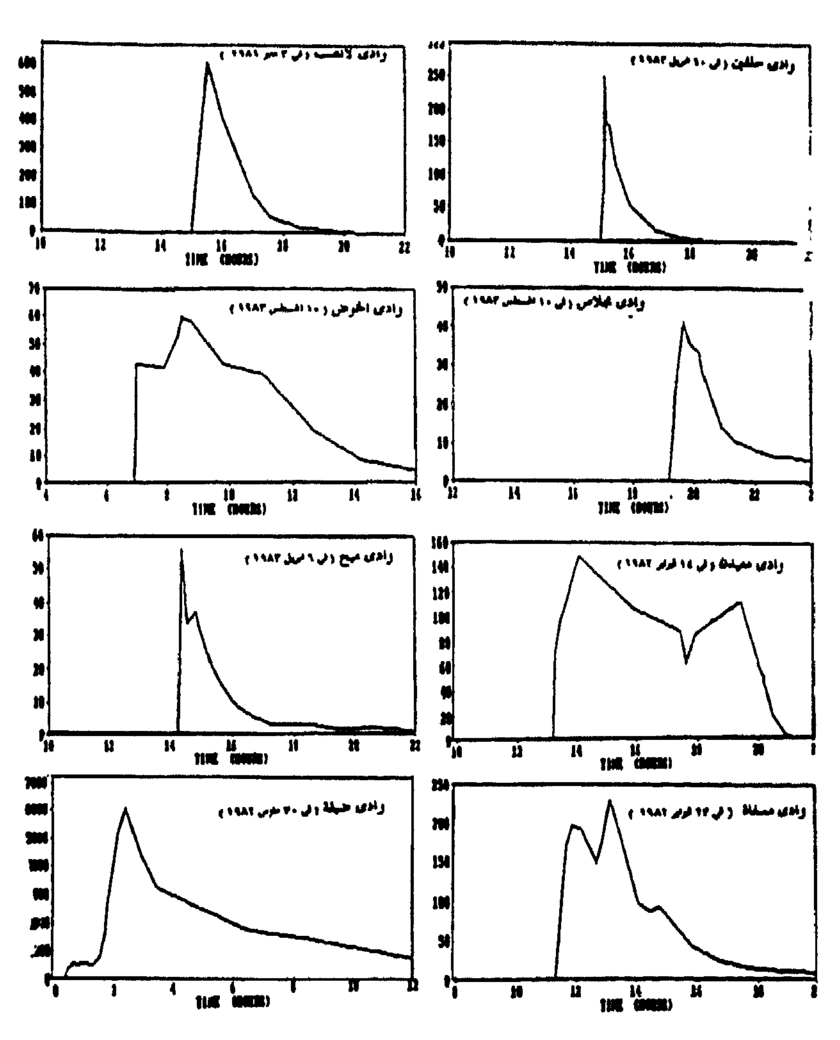
هـ- المنحنى البيانى للتصريف Hydrograph:

من خلال فحص وتحليل الأشكال البيانية لعمليات الجريان التى توافرت لمجموعة من الأودية موضوع الدراسة (شكل رقم ٩) يمكن أن تلاحظ ما يلى:

١- أن جميع عمليات الجريان بدأت بشكل فجائى حيث ارتفع التصريف إلى قمته فى وقت قصير جداً لم يتعد الدقائق فى معظم الأودية (٦ أودية). ويوضح وضع وشكل الجناح الأيسر من المنحنى فى استقامته وارتفاعه الرأسى مقدار هذه الفجائية. وفى بقية الأودية (٣ أودية) بدأ

الجريان فجائيا واستمر فى الارتفاع والزيادة حتى وصل إلى قمته خلال فترة بين أقل من ساعة إلى ساعتين.

٢ - هناك حوالى سبعة أودية شكلت عمليات الجريان فيها قمة مدببة حادة وسريعة ولم تستمر هذه القمة أكثر من عدة دقائق إلى ما يزيد عن الساعة، بدأ بعدها الجريان فى الانخفاض السريع أيضاً ويظهر ذلك واضحاً من خلال شكل القمة وشكل الجناح الأيمن فى المنحنيات البيانية للتصرفات (شكل رقم ٩). كما أن هناك بعض الأودية التى ظهرت منحنياتها بها قمتين واضحتين بدلا من واحدة وأن كانت المنطقة التى



شكل رقم (٩) الاشكال البيانية للتصريف (الهيدروجراف) في بعض الاودية بشمال سلطنة عمان .

المصدر : PAWR 3-81-21، ١٩٨١

تفصل بين هاتين القمتين ذات انخفاض يمكن وصفه بأنه ليس قوياً. كما يلاحظ أن هاتين القمتين غير متساويتين مما يعنى أن أحدهما رئيسية وهى غالباً الأولى على حين تكون الثانية ثانوية. وربما ترجع ثنائية القمم فى المنحنيات إلى احتمال ورود الجريان على شكل نبضات أو موجات pulses كنتيجة لتحرك العاصفة المطيرة فوق حوض التصريف أو نتيجة لتتابع وصول الجريان من الروافد للوادى الرئيسى.

٣- يتراجع أو ينتهى التصريف فى الأودية مثل ما بدأ فى شكل سريع حتى قرب نهايته ثم يستمر لفترة طويلة نسبياً ربما عدة ساعات وهو منخفض فى شكل ذيل طويل. ونادراً ما يتلاشى بطريقة فجائية.

٤- تراوحت مدة الجريان فى الأودية بين ٣ ساعات فقط إلى ١٢ ساعة وبمتوسط حوالى ٨ ساعات على مستوى مجموعة الأودية بالكامل وهى فترة يمكن وصفها بأنها قصيرة. هذا ولم يلاحظ أى اختلاف فى طول الفترة الزمنية بين الأودية الكبيرة والصغيرة أو وقوع الأودية فى موقع مكان معين مما قد يعنى تأثير متغيرات أخرى من المحتمل أنها ترجع إلى طبيعة خصائص العاصفة المطيرة ومدة بقاؤها، إلا أنه لا يمكن استبعاد تأثير بعض الخصائص الأخرى الخاصة بالحوض والشبكة والسطح وكذلك وقت التباطؤ lag-time.

٥- معظم الدراسات التى أجريت على الأودية فى المناطق الصحراوية أوردت نفس شكل المنحنيات البيانية للتصرفات على سبيل المثال شيك (Schick, A.P., 1988, p. 1990) فى دراساته التى أجريت على الأودية فى سيناء وصحراء النقب كانت معظم منحنيات الجريان لها نفس الشكل تقريباً.

كما تفيد هذه الدراسات تعرض التصريف للتناقص السريع مع وصوله إلى

الأجزاء الدنيا من الأودية كنتيجة لما يمكن أن يطلق عليه فاقد الانتقال Transmission losses خاصة مع اتساع المجارى وزيادة سمك الرواسب فى قيعانها، إلا أنه ورغم ذلك يظل المنحنى محتفظاً بشكله وقد وضح ذلك جليا من خلال إحدى الدراسات التى أجريت على وادى نجران بجنوب غرب المملكة العربية السعودية (FAO, 1981, pp. 74-75).

و- فصلية الجريان Discharge seasonallity:

من خلال تحليل أوقات حدوث الجريان على مدار العام وتوزيعها على شهور السنة يمكن القول:

١- أن حوالى ثلاثة أرباع الجريان (٧٥%) قد تمت فى شهور فبراير ومارس وإبريل ومايو فقط. ويعتبر شهر فبراير أكثر شهور السنة من حيث عدد مرات الجريان التى تقع فيه حيث تمثل به حوالى ربع العدد (٢٥%). وهو ما يوازى النسبة الباقية التى وقعت فى بقية شهور السنة التى لم تذكر فى الجزء السابق.

٢- لم يقع أى من التصرفات خلال شهر يوليو كما كان نصيب كل من يونيو وأكتوبر ويناير محدود جداً.

٣- يلاحظ من هذا التوزيع أن نصيب الفترة التى تمثل وسط فصل الشتاء يعتبر ضعيفاً بالمقارنة بالفترات الانتقالية بين الفصول وهذا مرده إلى زيادة فعالية الأمطار الانقلابية التى تسقط خلال هذه الفترات.

٤- يلاحظ أن الأودية التى تنبع من الجبل الأخضر كان لها خاصية عدم انتظام الجريان بها فى فترات معينة من السنة حيث يتوزع الجريان على مدار السنة، ويرجع هذا إلى تميز منطقة الجبل بسقوط الأمطار عليها معظم أيام السنة دون بقية الأجزاء المجاورة.

٢- علاقات خصائص التصريف.

أ - العلاقات بين خصائص التصريف:

من خلال المصفوفة يمكن تلخيص العلاقات بين خصائص التصريف، كما يبين الشكل رقم (١٠) طبيعة هذه العلاقات، وهذه العلاقات هي:

- توجد علاقة موجبة بين متوسط التصريف السنوى مع متوسط عرض الجريان حيث يزيد العرض مع زيادة التصريف.
- كما توجد علاقة موجبة بين متوسط عرض الجريان مع متوسط سرعة الجريان حيث يزيد العرض مع زيادة السرعة.
- توجد أيضاً علاقة موجبة بين متوسط التصريف السنوى مع متوسط سرعة الجريان حيث تزيد السرعة مع زيادة متوسط التصريف.

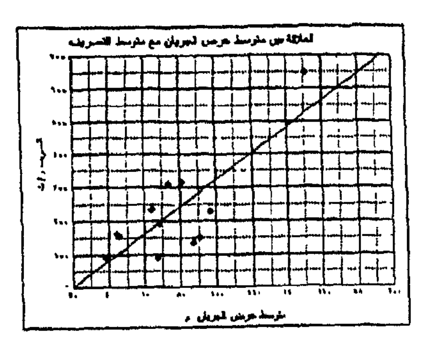
ب- العلاقات بين خصائص التصريف مع خصائص الأحواض وشبكات التصريف:

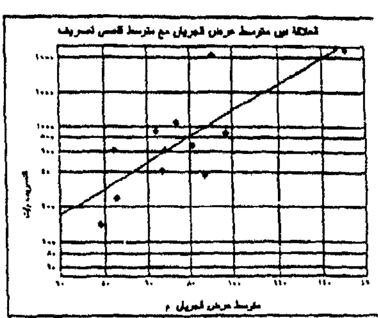
- توجد علاقات طردية بين مساحات أحواض التصريف مع متوسط التصريف السنوى كما توجد نفس العلاقة مع مجموع أعداد المجارى ومعدل التفرع. والشكل رقم(١١) يوضح هذه العلاقات. وجدير بالذكر أنه نظراً لأن هذه العلاقة وطيدة فقد أمكن التعبير عنها من خلال بعض المعادلات الرياضية التى يستخدمها الهيدرولوجيين فى العديد من الجوانب التطبيقية ومن هذه المعادلات التالية:

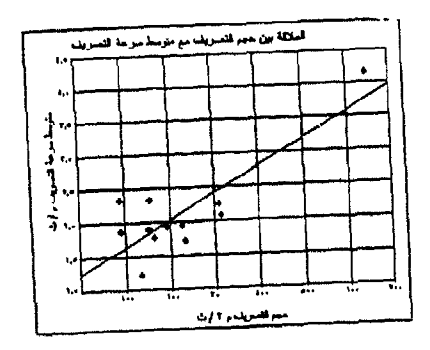
$$Q = 99.Ao.5$$

حيث:

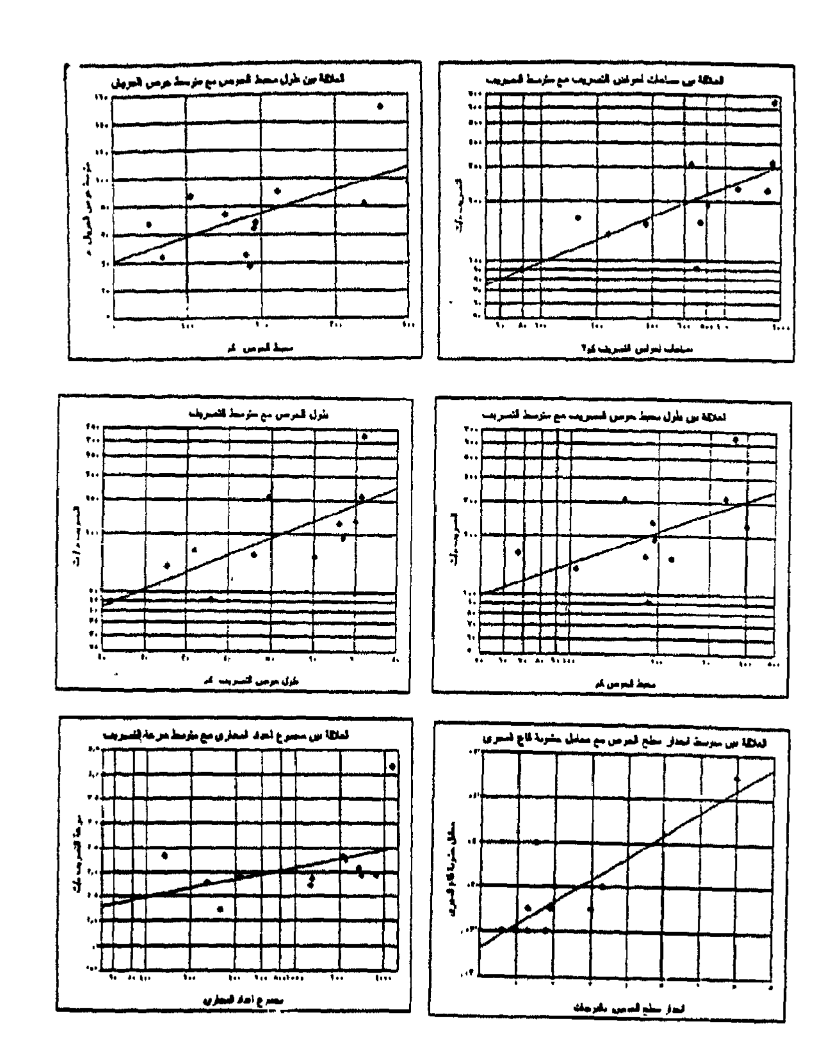
Q = التصريف م^٣/ث







شكل رقم (١٠) العلاقات الخطية بين خصائص التصريف



شكل رقم (١١) العلاقات الخطية بين خصائص التصريف مع خصائص احواض وشبكات التصريف

و A = مساحة حوض التصريف (ميل مربع)

وجدير بالذكر أيضاً أن مثل هذه العلاقات قد توصل إليـــها لاســـت (Cooke, R.U., et al. 1985, p. 239) فى دراساته على بعض أوديـــة جنوب صحراء النقب إلى الشرق من سيناء (Graf, W.L., 1988, p. 105). أيضا وجد كارلستون (Carlston, C.W., 1963, pp. 1-8) أن هناك علاقة بين كثافة التصريف ومتوسط التصريف السنوى.

رابعا: الرواسب:

تركز دراسة الرواسب على قياس حجم الرواسب التى تشكل قيعان المجارى فى الأودية موضوع الدراسة والوصف العام لشكلها فى منــــاطق محطات قياس الجريان. وقد اعتمدت الدراسة على مصدريـــن أساســـيين: الأول هو نتائج بعض القياسات التى أجرتها وزارة موارد الميــــاه (عينــــة واحد لكل وادى عند موقع المقياس) وقد اعتبر هذا غير كاف للاســــتدلال على طبيعة وحجم الرواسب فى هذه القطاعات، ومن ثـــم كـــان المصــــدر الثانى وهو قيام الباحث بقياس الحجم لعدد ٢٤ عينــــة رواســـب بمعـــدل عينتين لكل مجرى واختيرت مواقع العينات بحيث تكون إحـــدى العينـــات على مسافة مائة متر قبل المقياس، والثانية على نفـــس المســـافة بعـــد المقياس فى اتجاه المصب. وقد تم تحليل معظـــم العينـــات فـــى الموقـــع باستخدام الأساليب التالية:

١ - استخدم شريط القياس(*) فى تحديد حجم الجلاميـــد الكبيـــرة مـــن

(*) نستخدم طريقة القياس المباشر فى قياس أحجام الرواسب الكبـــيرة وفيـــها يمكـــن استخدام أية أداة بسيطة مثل مسطرة القياس أو أى مـــن أدوات قيـــاس الأبعـــاد.

العينة (قطرها أكبر من ٢٠ سم).

٢- استخدمت أداة قياس السمك (القدمة clipper) لقياس حجم الحبيبات أكبر من ٢ سم إلى أقل من ٢٠ سم.

٣- استخدمت المناخل ذات الفتحات المختلفة لقياس حجم الحبيبات الأقل من القطر السابق.

٤- استخدمت لوحات تحديد درجات الاستدارة فى تحديد مدى استدارة الشكل تبعاً لطريقة لكرومبيان (Gardiner, V., and Dachamb, R., 1983, pp. 111).

وحتى يمكن التعامل مع حجم الرواسب كتغير له علاقاته مع المتغيرات الأخرى، فقد تم استخراج متوسط الحجم لكلا المصدرين السابقين. ويلخص الجدول التالى متوسط حجم الرواسب بالنسبة لبيانات وزارة موارد المياه وكذلك المتوسط بالنسبة لقياسات الباحث ثم المتوسط العام لكليهما.

جدول رقم (١٠) متوسطات أحجام الرواسب فى مجارى الأودية

الوادى	متوسط الحجم (مم) (الباحث)	متوسط الحجم (مم) (وزارة موارد المياه)	المتوسط العام (مم)	معدل الاستدارة
بنى غافر	١٢,١٢	١٢,٤٠	١٢,٢٦	جيدة الاستدارة
الغوض	٢٢,٤٦	٢٣,٠٠	٢٢,٧٣	جيدة الاستدارة
جبا	٧,٥٤	٧,٧٠	٧,٦٢	جيدة الاستدارة
لانصب	٥,١	٥,٩	٥,٥	مستديرة - جيدة
الجزى	٩,٠٤	٦١,٠٠	٣٥,٠٢	جيدة الاستدارة
عبرى	٤,٦٤	٥,٨٠	٥,٢٢	مستديرة - جيدة

للمزيد يمكن الرجوع إلى Gaudie, A., et al. 1990, Geomorphlogical Techniqes. 2nd. ed., Unwin Hyuan, London, p. 114.

مبح	٤,٦٨	٤,٥٢	٤,٦٠	مستديرة – جيدة
مجلاص	٩,٦٦	٩,٦٠	٩,٦٣	جيدة الاستدارة
ضيقة	٥٦,٠٠	-	٥٦,٠٠	جيدة الاستدارة
حلفين	٥,٧٣	١,٠٧	٣,٤٠	مستديرة – جيدة
معيدن	٩,٧٠	٩,١٤	٩,٤٢	جيدة الاستدارة
مسفاة	٢٤,٨٦	٢٥,٠٠	٢٤,٩٣	جيدة الاستدارة

وتشير نتائج التحليلات إلى أن المواد التى تكون قيعان مجارى الأودية تتصف بالخشونة بشكل عام، حيث يصل المتوسط العام إلى حوالى ١٦,٤ مم. ويختلف الحجم بين المجارى الرئيسية للأودية اختلافاً كبيراً حيث يتراوح بين ٣,٤ مم (فى وادى حلفين) إلى ٥٦ مم فى (فى وادى ضيقة). كما تغطى بعض أجزاء المجارى فى أحيان كثيرة أحجام أكبر من تلك التى وردت فى الجدول، كما هو فى أودية مسفاة ومعيدن والجزى وضيقة، بل أن الأخير تظهر الصخور الأصلية فى بعض أجزاء من قاع مجراه بالقرب من منطقة المزارع.

كما تختلف كذلك على طول القطاع الطولى للمجرى وتتغاير على القطاع العرضى وخاصة فى مناطق المنحنيات حيث تتعرض الجوانب إلى التقويض السفلى مع عمليات الجريان التى تمر فى الوادى ويتبع ذلك سقوط بعض الكتل على القاع وتكون عرضة للتفتت والتكسر مما يزد من متوسط الحجم ويقلل من درجة الاستدارة. وتوجد كذلك فى بعض الأحيان اختلافات حادة كنتيجة لوجود البرك وأكوام الرواسب أو ما يطلق عليه اسم **riffles and pools**.

وتجدر الإشارة كذلك إلى أن المجارى التى بها شرائح مدرجات من الرواسب القديمة كان لها تأثير واضح على حجم الرواسب فى قيعان المجارى حيث تتعرض جوانب هذه المدرجات إلى التآكل عن طريق

عمليات النحت رغم تماسكها إلا أن جزءاً من رواسبها التى نحتت تستقر بين الرواسب التى نقلتها المجارى حديثاً مما يعنى أن هناك احتمال لاختلاط الرواسب مما يؤثر على الحجم.

ومعظم الرواسب جيدة الاستدارة إلى مستديرة، ونادرا ما تكون درجة استدارتها منخفضة مما يعكس شدة وقوة الجريان والسرعات العالية من جانب وطول الرحلة التى قطعتها الرواسب من جانب آخر. وطبقاً للملاحظات العامة خلال الدراسة الميدانية يمكن القول أن الأودية كما هو فى أودية الخوض فى مجرى البحائص (أحد فروع الوادى بمنطقة الدلتا) ووادى ميح قرب مصبه.

وتتكون غالبية الرواسب من الحجر الجيرى إلا أن جزءاً كبيراً منها مشتق من صخور الأفيوليت والتى تظهر مختلطة مع رواسب الحجر الجيرى وهى تتكون من الجابرو والهارزبورجيت مع الدونيت وبعض الأنواع الأخرى.

وتمثل هذه الرواسب فى أغلبها حمولة القاع bed load بالنسبة لغالبية الأودية وهذا يفسر ارتفاع خشونتها وأن كان هذا لا يمنع وجود المواد الناعمة بين الرواسب الخشنة أو توجد على شكل قشرات رقيقة فوقها وهى غالباً تمثل الحمولة العالقة التى تم إرسابها فى هذه الأماكن خلال بعض عمليات الجريان التى تتميز بالسرعات المنخفضة. وجدير بالذكر أن شيك وآخرين Schick فى دراسته على بعض أودية صحراء النقب ارجع خشونة المواد إلى أنها تمثل حمولة القاع للمجارى (Cooke, R.U., et al. 1993 p. 149).

العلاقة بين متوسط حجم الرواسب مع كل من خصائص أحواض وشــبكات التصريف وخصائص الجريان:

من خلال استعراض علاقات الارتباط التى توضحـــها المصفوفــة (جدول رقم ٤) والعلاقات الخطية التى يبينـــها شــكل رقــم (١٢) يمكــن تلخيص علاقة متوسط حجم الرواسب مع المتغيرات المختلفـــة الخاصــة بأحواض الأودية وشبكات التصريف وخصائص الجريان فيما يلى:

١- توجد علاقة موجبة بين متوسط حجم الرواسب مع مجموع طـــول المجارى.

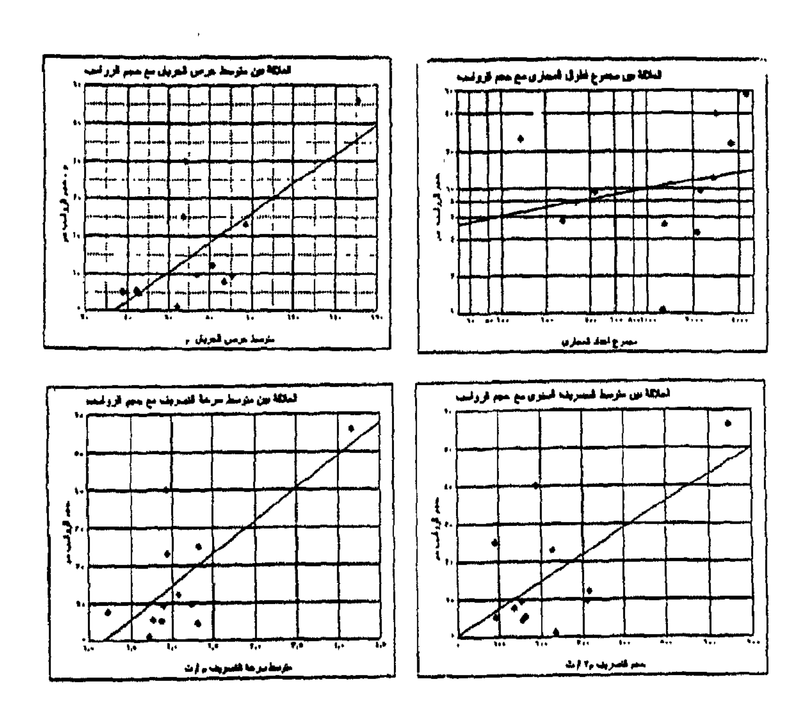
٢- كما توجد علاقة موجبة بين متوسط حجم الرواسب مع كـــل مــن متوسط التصريف السنوى ومتوسط سرعة التصريف ثـــم مـــع متوســط عرض الجريان.

وتؤكد بعض الدراسات السابقة وجود علاقة بين متوسط الحجم مع ســرعة التصريف. فعلى سبيل المثال وجد ميللر (Cooke, R.U., et al. 1985, p. 239) Miller 1958 أن متوسط حجم الحبيبة المنقولـــة لـــه علاقـــة بسرعة الجريان وهذه العلاقة توضحها المعادلة التالية:

$D = 1.0\ V_2$

حيث: D = متوسط قطر الحبيبة المتحركة (مم).

V = سرعة الجريان (قدم/ثانية).



شكل رقم (١٢) العلاقات الخطية بين متوسط حجم رواسب قيعان المجارى مع خصائص الشبكة والتصريف .

٤- تختلف خصائص التصريف الذى يجرى فى الأودية بين واد وآخر وبين تصريف وآخر داخل الوادى الواحد. إلا أن التصريف فى هذه الأودية يتميز بعدد من الخصائص التى تميزه عن التصريف فى أودية المناطق الرطبة ومن أهمها: التفاوت فى الكميات ومعدلات التردد وطول الفترة الفاصلة بين تصريف وآخر وأبعاد وفصلية الجريان وكذلك طول ومدة ومقدار استمراره، كما تتميز بارتفاع معدلات السرعة فيها بدرجة واضحة، وأنها أيضا ذات منحنى يتميز بشدة انحدار جوانبه ووجود قمة شديدة التدبب.

٥- من الناحية التطبيقية وتبعا للمعدلات التى استخدمت فى تحديد درجات خطورة الجريان السيلى فى منطقة مسقط (Surface Water Department 1992, pp. 5-6) والتى أخذت فى الاعتبار كل من فترات التكرار ومدى تعرض المكان لحركة الجريان وكذلك سرعة الجريان عند تحديد درجات الخطورة، تبعا لذلك يمكن القول أن مناطق المجارى الرئيسية للأودية موضوع الدراسة تعتبر مناطق مرتفعة الخطورة High Risk Zones. وتزيد درجات الخطورة فى مناطق المراوح الفيضية والسهول حيث يزيد التركز البشرى وأشكال استغلال سطح الأرض. وتعد الأودية التى تجرى فى منطقة سهل الباطنة (الجزى وبنى غافر والخوض) وفى منطقة دلتا قريات (ضيقة ومجلاص) تعتبر أيضا أودية ذات خطورة مرتفعة. وهذا لا يقلل من خطورة الأودية فى المناطق الأخرى وكذلك الأودية التى لم تشملها الدراسة وهذا يتطلب المزيد من الدراسات التفصيلية.

٦- تتميز قيعان الأودية بالخشونة النسبية واختلاف متوسط حجم الرواسب فى مجارى الأودية من مجرى لآخر وداخل المجرى بطبيعة

الحال على طول قطاعيه العرضى والطولى كما تساهم بعض الظروف المحلية فى تغيير خصائص هذه الرواسب. ومن جانب آخر تعكس خشونة المواد مقدار التفاوت فى تأثير بعض المتغيرات خاصة سرعة الجريان ومتوسط التصريف بالإضافة إلى أطوال المجارى.

كما تختلف المواد من حيث الشكل وأن كانت غالبا ما تميل إلى الاستدارة. وهى تختلف فى نوعيتها نظرا لتعدد مصادرها التى اشتقت منها وهى غالبا ما تتكون من الحجر الجيرى وبعض أنواع صخور الأفيوليت النارية النشأة.

ملحق رقم (١) الجريان الفعلى فى مجموعة الأودية

م	اسم الوادى	التاريخ	التصريف م^٣/ث
١	لاتصب	٣ مايو ٨١	٨٩
		٢٠ سبتمبر ٨١	١٤
		٢٣ يناير ٨٢	٢٤
		٢٥ فبراير ٨٢	١٤
		١٧ نوفمبر ٨٣	٢٢
		١٠ أغسطس ٨٣	٢٨
٢	حلفين	١٧ مارس ٨٠	١٣
		٨١	٨٩٧
		٢٣ فبراير ٨٢	٣٧٨
		١ مايو ٨٢	١٧١
		٢ إبريل ٨٣	١٧١
		١٠ إبريل ٨٣	٢٥٠
		١٣ إبريل ٨٣	١١٨
		١٦ أغسطس ٨٣	١٩٢
		١٧ أغسطس ٨٤	١٠٦
٣	ميح	٣ مايو ٨١	٢٣٦
		فبراير ٨٢	٢٣٤
		مارس ٨٢	١٩١
		إبريل ٨٢	٥٨
		٦ إبريل ٨٣	٥٦
٤	مجلاص	ديسمبر ٧٩	٢٤٧

		مايو ٨١	٨٤
		فبراير ٨٢	١٠٨٠
		مارس ٨٢	٣٦٣
		١٢ فبراير ٨٣	٤٦
		١٠ أغسطس ٨٣	٤١
٥	ضيقة	٢٨ مايو ٧٩	٦١
		٣١ أكتوبر ٧٩	٧٦
		٢٢ فبراير ٨٠	٦١
		٤ مارس ٨٠	١٨٦
		٢١ مارس ٨٠	٣١٣
		١٥ يناير ٨١	١٨٠
		١٣ مارس ٨١	٧٠٠
		٣٠ إبريل ٨١	١٢٦
		٣ مايو ٨١	١٧٥
		١٤ فبراير ٨٢	١٢١٠
		٢٣ فبراير ٨٢	٢٠٤٠
		٢٦ فبراير ٨٢	١٨٠
		٣٠ مارس ٨٢	٦٠٢٠
		٢٨ إبريل ٨٢	٣٥٥
		٣٠ إبريل ٨٢	٣٠٥
		١ مايو ٨٢	٣٥٥
		٢ إبريل ٨٣	٥٠٠
		١٣ إبريل ٨٣	٢١٥
		١٠ أغسطس ٨٣	٤٠٨
		٢٦ أغسطس ٨٣	٦٩
		٢٣ أغسطس ٨٤	٢٣
٦	الخوش	١٠ فبراير ٧٥	٣٤٠
		٣ فبراير ٧٦	١٣٧
		٢٦ مارس ٧٦	١٨٧
		٦ إبريل ٧٦	٦٢٣
		٢٥ فبراير ٧٧	٤٢٠
		٢٤ مايو ٧٧	٥٠
		١١ نوفمبر ٧٧	٢٣٠
		٢٥ نوفمبر ٧٧	١٠٥
		٩ مارس ٧٨	١٧٠
		ديسمبر ٧٩	١٧
		٣ مايو ٨١	٧٢٢
		٢٣ فبراير ٨٢	٤١٩
		٦ إبريل ٨٣	٥٢
		١٢ إبريل ٨٣	١٠٥

		١٠ أغسطس ٨٣	٦٠
		٢٩ ديسمبر ٨٤	٢,٤
٧	مسفاة	٣ مايو ٨١	١٧٦
		١٤ فبراير ٨٢	١١٩
		٢٣ فبراير ٨٢	٢٣٠
		٢٥ فبراير ٨٢	١٨
		٢٦ فبراير ٨٢	٣٤
		٣ إبريل ٨٢	٤٠٤
		١٠ فبراير ٨٣	٣٢
		١٠ إبريل ٨٣	١٧
		١١ إبريل ٨٣	٣٩
		١٢ إبريل ٨٣	٣٣
		٦ أغسطس ٨٣	٣١
		١٤ سبتمبر ٨٣	٢٧
		١٠ سبتمبر ٨٤	١,٢
٨	معيدن	مارس ٨٠	٢٩
		٣ مايو ٨١	٢٣٦
		١٤ فبراير ٨٢	١٤٨
		٢٣ فبراير ٨٢	٣٩٩
		٢٦ فبراير ٨٢	١٥٠
		١ مايو ٨٢	١٨٨
		١٥ ديسمبر ٨٢	٦٠
		١ إبريل ٨٣	٣١
		١٠ إبريل ٨٣	١٥٠
		١٣ إبريل ٨٣	٢١٦
		١٧ أغسطس ٨٤	٦٦
٩	جبا	٣ مايو ٨١	٣٧٦
		٢٣ فبراير ٨٢	١٣٦
		إبريل ٨٣	٢٠
		أغسطس ٨٣	٧
١٠	بني غافر	١٩٧٧	٧٧٨
		مايو ٧٧	٣٤١
		١٠ يونيو ٧٧	٢٠١
		نوفمبر ٧٩	٢٥١
		ديسمبر ٧٩	٨٩
		ديسمبر ٧٩	٥٤
		مايو ٨١	٣٦٠
		مايو ٨١	٦٨٠
		فبراير ٨٢	٦٢٠

		مارس ٨٢	٣٨٥
		إبريل ٨٢	٣٣٦
		إبريل ٨٢	٣٧٠
		إبريل ٨٢	٢٨٠
		إبريل ٨٣	٤٠
		اغسطس ٨٣	٤٩

المصـــدر: Public Authority for Water Resources (PAWR) Surface Water Records for Selected Stations 1975-1984.
Council for Conservation of Environment and Resources, Sultanate of Oman.
Report: PAWR 85-15, pp. 48-187.

قائمة المصادر والمراجع:

1- Geological, Maps scale 1: 50.000 1992, Directorate General of Minerals, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman, Sheets no. NG40-149 Buraymi) NF40-02 (Ibri) NF40-03 (Seeb), NF40-04 (Muscat) NF40-07 (Nazwa) and NF40-08 (Sur).

2- Landsite Thematic Mapper Data, (1985) Northern Mountains, Sultanate of Oman, scale 1: 250.000, processed by Michal Abrams, Jet propulsion laboratory pasadena, California.

3- Ministry of Petroleum and Minerals, Directorate General of Minerals, Sultanate of Oman (1985) Moasic of Rustaq area, scale 1: 20.000 Completed and printed by B.K.S. Survey LTD, Ballycairn road, Coleraine, N. Ireland, Sheets 1 to 150.

4- Public Authority for Water Resources (PAWR), (1985) Surface-Water Records for selected stations 1975-1984.

Council for Conservation of Environment and Water Resources, Sultanate of Oman Report: PAWR 1-86-21.

5- Public Authority for Water Resources (PAWR), (1985) Fluvial Sediment in Northern Oman, by W.F. Curtis, Report: PAWR 85-15.

6- Sultanate of Oman, Ministry of Communications, Directorate General of Civil Aviation and Meteorology, Department of Meteorology, Annual Climate Summary 1989 and 1991.

7- Surface Water Department, Ministry of Water Resources, Sultanate of Oman (1992) Flood Study Program, Delineation of High, Medium, Low and Index Flood Risk Zones, Muscat Area, Phase 2, pp. 5-6.

8- Carlston, C.W., (1963) Drainage Density and Streamflow. U.S. GEOL. Survey Prof. paper 422-c: 1-8.
9- Cooke, R.U., Warren, A. and Goudie, A., (1993) Desert Geomorphology U C L press, London.
10- Cooke, R.U., Brunsden, D., Doornkamp, J.C. and Jones, D.K.C., (1985) Urban Geomorphology in Drylands.
Oxford University press, New York.
11- FAO, (1981), Arid Zone Hydrology for Agricultural development. Rome.
12- Gardiner, V. and Dackombe, R., (1983) Geomorphological Filed Manual. George Allen & Unwin Ltd. London.
13- Graf, W.L., (1988) Fluvial Processes in Dryland Rivers. Springer-Verlag, London.
14- Horton, R.E., (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology.
Geol. Soc. America Bull. 56: 272-370.
15- Leopold, L.B. and Miller, J.P., (1956) Ephemeral Streams Hydraulic Factors and Their Relation to the Drainage Net. U.S. Geol. Survey Prof. paper 282-A: 16-24.
16- Linsley, R.K. Kohler, TR. Max. A. and Paulhus, L.H., (1982) Hydrology for Engineers, 3rd. ed. McGraw-Hill, Inc, London.
17- Lippard, S.J. Shelton, A.W. and Gass, I.G., (1986) The Ophiolite of Northern Oman, published for the Geological Society by Black Well Scientific Publications, Oxford, London.
18- Melton, M.A., (1958) Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and Teir controlling Agents.

Jour. Geol. 66: 442-460.

19- Morisawa, M.E., (1962) Quantitative Geomorphology of some Watersheds in the Appalachian plateau.
Geol. Soc. America Bull. 73: 1042, 1028.

20- Schick, A.P., (1988) Hydrologic Aspects of Floods in Extreme Arid Environment, in Flood Geomorphology edited by V.R., Baker, R. Craig Kochel and P.C., Patton, John Wiley & Sons, New York.

21- Schumm, S.A., (1973) Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems. In Fluvial Geomorphology, M.E. Morisawa, ed, State University New York, Binghamton, 1973, pp. 299-310.

22- Strahler, A.N., (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Am. Geophys. Union Trans. 38 (6): 913-920.



المحتويات

الجزء الأول:-الجريان السيلي في الصحاري نظريا	٣-١٠٢
مقدمة	٥-٩
أولا: العوامل المؤثرة علي الجريان السيلي	١١-٥٨
ثانيا: الجريان	٥٩-٧٠
ثالثا: توقع الجريان	٧١-٨٩
رابعا: طرق تفادى أخطار الجريان	٩١-٩٧
قائمة المراجع	٩٨-١٠٢
الجزء الثاني:- السيول عمليا	١٠٣-٢٢٥
١- السيول والتنمية في وادى فيران دراسة تطبيقية من منظور جيومورفولوجي	١٠٥-١٦٠
مقدمة	١٠٥-١٠٨
أولا: الموقع والشكل العام للوادى	١٠٨-١٠٨
ثانيا: التكوينات الجيولوجية	١٠٩-١١٣
ثالثا: خصائص شبكة التصرف	١١٣-١١٧
رابعا: خصائص المطر في المنطقة	١١٧-١١٨
خامسا: مورفولوجية الوادى الرئيسي	١١٨-١٣٠
سادسا: استخدام الأرض	١٣٠-١٣٤
سابعاً: حركة وأتجاه الجريان	١٣٤-١٣٧
ثامناً: أشكال النحت والتدمير في الطريق ومظاهر العمران	١٣٧-١٤٠
تاسعا: درجات ومناطق الخطورة	١٤٠-١٤٣
عاشرا: طرق وأساليب الحماية وتجنب الأخطار	١٤٣-١٥١
بيان بخرائط الموضوع	١٥٢
قائمة المصادر والمراجع	١٥٣-١٥٤
٢-أودية شمال سلطنة عمان دراسة في الجيومورفولوجية الكمية	١٥٥-٢٢٥
مقدمة	١٥٧-١٦٢

أولا: الجوانب الطبيعية	١٧٥-١٦٣
ثانيا: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصرف	١٩٥-١٧٥
ثالثا: خصائص التصرف في الأودية	٢١٢-١٩٥
رابعا: الرواسب	٢١٨-٢١٢
ملحق	٢٢٢-٢١٩
قائمة المصادر والمراجع	٢٢٥-٢٢٣
فهرس المحتويات	٢٢٨-٢٢٧

رقم الإيداع	٩٩ / ٧٨٨٣
الترقيم الدولي	977-5758-28-9



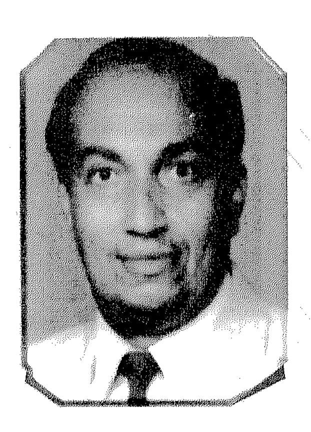
الكتاب فى سطور

تعتبر السيول إحدى المشكلات الطبيعية التى أولتها الأمم المتحدة نصيبا وافرا من الاهتمام فى الفترة الأخيرة.

ورغم تناول الكثير من المراجع والبحوث الأجنبية لهذه الظاهرة إلا أن الدراسات باللغة العربية لا تزال قليلة فى هذا المجال.

ويعتبر هذا الكتاب الأول من نوعه الذى يتناول الظاهرة بالبحث والتحليل حيث يتناول عددا من الموضوعات التى تغطى الجوانب المختلفة للظاهرة. ويقدم للقارئ وجبة علمية سهلة بأسلوب مبسط مدعم بالأشكال التوضيحية.

ونأمل أن يجد فيه القارئ والباحث ما يرغب فيه من معلومات وما يصبو إليه من تفكير والله من وراء القصد.



المؤلف فى سطور

هو الدكتور/ **أحمد سالم صالح**

استاذ ورئيس قسم الجغرافيا بكلية الآداب جامعة الزقازيق.

حاصل على درجة الماجستير من جامعة عين شمس بتقدير ممتاز ١٩٨٠

ودرجة الدكتوراه من جامعة القاهرة بمرتبة الشرف الأولى ١٩٨٥

عمل زائرا بكلية البنات بالدمام عام ١٩٨٧ ومعارا لجامعة الإمام محمد بن سعود ١٩٨٩/٨٨

ومعارا لجامعة السلطان قابوس بسلطنة عمان الفترة من ١٩٩٦/٩٠

له حوالى عشرون بحثا فى موضوعات عديدة منها الأودية والسيول والمدرجات والمراوح الفيضية والتكوينات الرملية ونظم المعلومات الجغرافية.

له عددا من الكتب من أهمها الجغرافية الطبيعية والخرائط (وزارة التربية بسلطنة عمان) والدراسة الميدانية - قياس أشكال السطح - ونظم المعلومات الجغرافية.

شارك فى عدد من الندوات والمؤتمرات العلمية فى جامعات عين شمس والاسكندرية وأوتاجو بنيوزلاندا ونيوكاسل ببريطانيا.